

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2002年 9月12日

出願番号

Application Number:

特願2002-266861

[ST.10/C]:

[JP2002-266861]

出願人

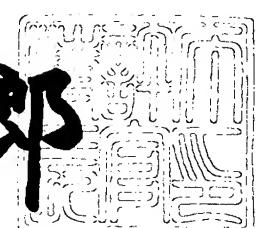
Applicant(s):

オリンパス光学工業株式会社

2003年 4月 4日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3023610

【書類名】 特許願
【整理番号】 02P01495
【提出日】 平成14年 9月12日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 G03B 21/14
【発明の名称】 照明装置及びその照明装置を使用した画像投影装置
【請求項の数】 22
【発明者】
【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス光学
工業株式会社内
【氏名】 花野 和成
【特許出願人】
【識別番号】 000000376
【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社
【代理人】
【識別番号】 100058479
【弁理士】
【氏名又は名称】 鈴江 武彦
【電話番号】 03-3502-3181
【選任した代理人】
【識別番号】 100084618
【弁理士】
【氏名又は名称】 村松 貞男
【選任した代理人】
【識別番号】 100068814
【弁理士】
【氏名又は名称】 坪井 淳
【選任した代理人】
【識別番号】 100091351

【弁理士】

【氏名又は名称】 河野 哲

【選任した代理人】

【識別番号】 100100952

【弁理士】

【氏名又は名称】 風間 鉄也

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011567

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0010297

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 照明装置及びその照明装置を使用した画像投影装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 拡散放射特性を有する微小面光源と、

入射端面と出射端面及び反射面を有し、前記入射端面から取り込んだ前記微小面光源からの光の一部または全部を、前記反射面で反射することにより前記出射端面に導光する柱状導光手段と、

前記柱状導光手段の前記出射端面からの射出光の射出光角度強度を所定の照射領域内の位置強度に変換する角度位置変換手段と、

を具備することを特徴とする照明装置。

【請求項2】 前記角度位置変換手段が、前記柱状導光手段の前記出射端面を仮想光源として瞳を形成する瞳形成手段であって、

前記照射領域の位置を、前記瞳形成手段によって形成される瞳の位置の近傍としたことを特徴とする請求項1に記載の照明装置。

【請求項3】 前記瞳形成手段が、前記柱状導光手段の前記出射端面からの光を集光する照明レンズであって、

前記所定の照射領域を、前記照明レンズの焦点位置近傍としたことを特徴とする請求項2に記載の照明装置。

【請求項4】 前記柱状導光手段は、前記入射端面の面積よりも前記出射端面の面積の方が大きいテーパー状の形状を有することを特徴とする請求項1に記載の照明装置。

【請求項5】 前記拡散放射特性を有する微小面光源を複数具備することを特徴とする請求項1に記載の照明装置。

【請求項6】 前記柱状導光手段を複数具備し、

前記柱状導光手段のある一方向の配列数nは、該柱状導光手段の前記出射端面のその方向における長さをYとし、前記照明レンズの焦点距離をfとし、前記所定の照明領域におけるその方向の最大許容光線角度をθとした場合、

$$n \leq (2 \times f \times \tan \theta) / Y$$

を満足することを特徴とする請求項3に記載の照明装置。

【請求項7】 前記微小面光源と前記柱状導光手段とは各々対になっていることを特徴とする請求項5又は6に記載の照明装置。

【請求項8】 前記複数の柱状導光手段が、前記微小面光源の法線方向に対して異なった位置に該柱状導光手段の前記出射端面が位置するようにし、配列した複数の柱状導光手段は中央の柱状導光手段が前記照明レンズから最も遠く、端に位置する柱状導光手段が前記照明レンズから最も近くなるように配設したことを特徴とする請求項6に記載の照明装置。

【請求項9】 前記柱状導光手段は、ガラスや樹脂などの透明材料からなる光学面で構成されたロッドであることを特徴とする請求項1に記載の照明装置。

【請求項10】 前記柱状導光手段は、内面が反射鏡で構成された中空構造のミラーパイプであることを特徴とする請求項1に記載の照明装置。

【請求項11】 前記柱状導光手段は、前記入射端面の大きさと前記出射端面の大きさとの比に異方性があり、

前記照明領域の大きな方向が前記比が小さい方向となるように、前記柱状導光手段を配設することを特徴とする請求項1又は4に記載の照明装置。

【請求項12】 前記柱状導光手段は、前記入射端面の形状と前記出射端面の形状とが相似であることを特徴とする請求項1又は4に記載の照明装置。

【請求項13】 前記柱状光学手段の最大射出NAは、前記瞳形成手段が所定の大きさの瞳を形成する際の入射側NAと略一致するように構成することを特徴とする請求項2に記載の照明装置。

【請求項14】 前記柱状導光手段の前記出射端面の後段に光拡散素子を配設したことを特徴とする請求項2に記載の照明装置。

【請求項15】 前記光拡散素子の拡散角θは、

前記瞳形成手段が焦点距離fを有し、前記照射領域の大きさをLとした場合に

$$-2 \times \tan^{-1} (0.5 \times L/f) < \theta < 2 \times \tan^{-1} (0.5 \times L/f)$$

を満足することを特徴とする請求項14に記載の照明装置。

【請求項16】 前記光拡散素子は、1次元ディフューザであることを特徴

とする請求項14に記載の照明装置。

【請求項17】 前記柱状導光手段の前記出射端面の近傍に光束形状変換素子を配設したことを特徴とする請求項1に記載の照明装置。

【請求項18】 前記光束形状変換素子は、円形の光束断面形状を矩形に変換する機能を有するディフューザであることを特徴とする請求項17に記載の照明装置。

【請求項19】 前記微小面光源のそれぞれの発光量を調整可能にする点灯手段と、

前記微小面光源と前記柱状導光手段とを相対的に移動させる移動手段と、

前記照明領域を照明する光を前記複数の前記微小面光源の光から選択するよう前記移動手段、及び／又は、前記点灯手段を制御する光選択制御手段と、

を具備することを特徴とする請求項5に記載の照明装置。

【請求項20】 前記瞳形成手段を前記柱状導光手段の前記出射端面の法線に対して偏心して配設することを特徴とする請求項2に記載の照明装置。

【請求項21】 前記瞳形成手段が自由曲面からなるプリズムを備えていることを特徴とする請求項20に記載の照明装置。

【請求項22】 請求項1乃至21の何れかに記載の照明装置と、
画素構造を有し、画像信号に従って画素ごとに光を変調する光変調素子と、
前記光変調素子を拡大投影する投影レンズと、
を具備し、

前記照明装置における前記照明領域に前記光変調素子を配設したことを特徴とする画像投影装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、高輝度且つ小型化で均一な照明を実現する照明装置及びその照明装置を使用した画像投影装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

映像プロジェクタ等の画像投影装置に使用する照明装置における光源として、一般的には、放電型のランプが、放物面鏡や楕円鏡と組み合わせて使用されている。しかしながら、ランプバルブ自体や電極が影となり、軸上付近の光強度が落ちている所謂“中落ち”であったり、比較的狭い（フラットでない）分布の放射角特性なため、ケーラー照明を行うと中央が“中落ち”していたり、周辺のシェーディングが激しい照明ムラとなるため、通常、フライアイレンズなどのインテグレータが用いなければならず、大掛かりな照明装置となってしまっていた。

【0003】

これに対して、発光ダイオード（以下、LEDと記す。）は、従来のバルブランプ光源に比べて、長寿命、単色発光、高色再現性、等の利点を有しており、また近年は、発光効率もバルブランプに近づいて来ており、数年後にはこの点についてもLEDがバルブランプを上回るとの予想が成されている。そこで、このようなLEDを光源とする、映像プロジェクタ等の画像投影装置が各種提案されてきている。

【0004】

図20の（A）は、このLEDの放射角特性の一例を示したグラフである。LEDを照明装置における光源として用いる場合、これは同図に示すように所謂拡散（ランバーシャン）光源であるため、如何にして効率良く集光し、照明領域に導くかが難しくもあり、工夫の為所である。

【0005】

また、図20の（B）は、電極構造及び素子に電極をボンディングしているLED1のチップ構造の一例を示したものである。

【0006】

LED1は、このようなチップ構造及び放射角特性を有するため、ケーラー照明に向いている光源といえる。即ち、チップと被照明物とを共役関係にするクリティカル照明は、チップ構造の像が照明ムラとなるため不向きなのに対し、角度に対して比較的にフラットな強度分布なため、光源の角度強度分布が照明領域において位置強度分布になるケーラー照明光学系では、照明エリアで滑らかな強度分布が得やすい。課題は、広角の拡散光の集光効率である。

【0007】

このようなLED1を光源とする画像投影装置に使用する照明装置としては、例えば、図20の(C)に示すように、LED1のアレイからの射出光を、各々のLED1に対応した集光光学系2によって略平行光に変換し、凸レンズと凹レンズの組み合わせて構成されたアフォーカル光学系3によって、光変調素子4のサイズに応じた光束径に変換する照明装置が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【0008】

また、図21の(A)に示すように、複数のLED1からの出力光を、各々のLED1に対応した集光光学系2である光分配レンズアレイによって取り出し、重ね合わせレンズ5にてLCDなどの光変調素子4上に複数のLED1からの光を重畳させているケーラー照明系が、複数の発光体を光源に用いた画像投影装置の照明装置に使用する照明装置として提案されている（例えば、特許文献2参照）。

【0009】

更に、図21の(B)に示すように、複数のLED1から発射される大角度の光を、各々のLED1に対応したテーパーロッド6により小角度の光に変換した後、各々のテーパーロッド6に対応したレンズアレイ7のペアと重ね合わせレンズ5により光変調素子4上に重ね合せるクリティカル照明装置が、光源にLEDを用いた画像投影装置に使用する照明装置として提案されている（例えば、特許文献3参照）。

【0010】

あるいは、図22に示すように、複数のLED1から発射される大角度の光を、各々のLED1に対応したテーパーロッド6により小角度の光に変換した後、単一テーパーロッド8により光変調素子4上に均一に重ね合せる照明装置も提案されている（例えば、特許文献3参照）。

【0011】

【特許文献1】

特開平11-32278号公報（図4）

【0012】

【特許文献2】

特許第3048353号公報（図3）

【0013】

【特許文献3】

特許第3159968号公報（図2、図13）

【0014】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図20の（C）に示したような照明装置では、複数のLED1を用いて照明する場合、LEDのような発光素子は明るさに個体差が少なからず存在するため、重ね合わせて照明しなければ、LEDの明るさの個体差が照明領域（光変調素子4上）に於いてそのままムラになってしまふという問題がある。

【0015】

また、レンズを集光素子として用いる場合、収差により取込NAはそれほど大きくできないため、効率が良くない。

【0016】

一方、図21の（A）に示したような照明装置では、レンズを用いているため収差の観点から集光性が良くないことに加え、各集光レンズ（集光光学系2）の軸上付近のパワーが負であるため集光効率が悪い。また、各LED1の中央から放射された光（LED軸上光）について瞳がきちんと形成されたとしても、LED1の中央部以外から放射された光（LED軸外光）は別な位置に瞳が形成されるため、結果として光学的な瞳は形成されず、効率が悪い。

【0017】

図21の（B）に示したような照明装置では、テーパーロッド6の後段のレンズアレイ7は、レンズ径が小さいとテーパーロッド6からの射出光を集光する効率が落ちるし、逆に大きいとテーパーロッド6間を離さなければならぬため照明装置全体として小型化しづらくなる。

【0018】

また、図22に示したような照明装置では、重ね合わせのための單一テーパー

ロッド8は径が必然的に大きくなるため、長さが短いと側面での反射回数が確保できず照明ムラが残る。長さを長くすると、装置として重くなってしまう。また、光変調素子4として反射型の表示素子を照明することは、折り返す光路が確保できないため利用できない。

【0019】

光学系における原則として、光学系の前後で面積と光束の立体角との積が一定であるといった光の保存則は良く知られるところである。一般的に、この面積と立体角の積を E_{tendue} と称し、 E_{tendue} 不変則と言ったり、1次元では、物体（像）高と光線角（NA）の積が一定である $Lagrange$ 不変則などと称したりする。即ち、2次元的に表した図23の（A）においては、光学系9の前の面積を S_1 またその光束の立体角を Ω_1 とし、光学系9の後の面積を S_2 またその光束の立体角を Ω_2 としたならば、

$$S_1 \times \Omega_1 = S_2 \times \Omega_2$$

であり、1次元的に表した図23の（B）においては、光学系9の前の物体（像）高を Y_1 またその光線角（NA）を NA_1 とし、光学系9の後の物体（像）高を Y_2 またその光線角（NA）を NA_2 としたならば、

$$Y_1 \times NA_1 = Y_2 \times NA_2$$

である。

【0020】

従って、光源にLEDのような拡散光源を用いる場合、立体角（またはNA）が大きいため、所定の角度内且つ所定の領域内に集光するのは難しい。即ち、図23の（A）において面積 S_2 や立体角 Ω_2 を小さい値にするのは難しい。

【0021】

しかしながら、画像投影装置における光変調素子として、広く用いられている液晶素子や2次元マイクロミラー偏向アレイなどのライトバルブを用いる場合、ライトバルブ自体のコントラストや効率、また投影光学系の解像度仕様、さらに液晶を用いる場合は併用される偏光光学系における色分離や効率、などの観点から、照射する光束のNAに許容値がある。即ち、図23の（A）においては立体角 Ω_2 を小さくしなければならず、面積 S_2 はライトバルブサイズでほぼ決まつ

てしまうため、光源サイズが変えられない以上、立体角 Ω_1 を小さくせざるを得ない。換言すると、光源の放射光の集光効率が低くなってしまう。

【0022】

本発明は、上記の点に鑑みてなされたもので、LEDのような微小面光源を用い、効率の良い且つ所望の平行性を有する均一照明を実現可能な照明装置及びその照明装置を使用した表示装置を提供することを目的とする。

【0023】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するために、請求項1に記載の発明による照明装置は、
拡散放射特性を有する微小面光源と、
入射端面と出射端面及び反射面を有し、上記入射端面から取り込んだ上記微小面光源からの光の一部または全部を、上記反射面で反射することにより上記出射端面に導光する柱状導光手段と、
上記柱状導光手段の上記出射端面からの射出光の射出光角度強度を所定の照射領域内の位置強度に変換する角度位置変換手段と、
を具備することを特徴とする。

【0024】

即ち、請求項1に記載の発明の照明装置によれば、柱状導光手段で光源の放射光を効率良く集光することができ、比較的簡単な構成で短光学長の照明装置が実現できる。

【0025】

また、上述したチップ構造による照明ムラのない均一な照明を実現できる。

【0026】

また、請求項2に記載の発明による照明装置は、請求項1に記載の発明による照明装置において、

上記角度位置変換手段が、上記柱状導光手段の上記出射端面を仮想光源として瞳を形成する瞳形成手段であって、

上記照射領域の位置を、上記瞳形成手段によって形成される瞳の位置の近傍としたことを特徴とする。

【0027】

即ち、請求項2に記載の発明の照明装置によれば、柱状導光手段で光源の放射光を効率良く集光することができ、瞳を形成することによって簡単な構成で高効率な照明装置が実現できる。

【0028】

なお、本明細書において、瞳位置とは、ロッド出射端面から垂直に射出する光線同士が交差する位置を指すものとする。

【0029】

また、請求項3に記載の発明による照明装置は、請求項2に記載の発明による照明装置において、

上記瞳形成手段が、上記柱状導光手段の上記出射端面からの光を集光する照明レンズであって、

上記所定の照射領域を、上記照明レンズの焦点位置近傍としたことを特徴とする。

【0030】

即ち、請求項3に記載の発明の照明装置によれば、柱状導光手段で光源の放射光を効率良く集光することができ、照明レンズの焦点距離付近に瞳が形成されるため、簡単な構成で高効率な照明装置が実現できる。

【0031】

また、請求項4に記載の発明による照明装置は、請求項1に記載の発明による照明装置において、上記柱状導光手段は、上記入射端面の面積よりも上記出射端面の面積の方が大きいテーパー状の形状を有することを特徴とする。

【0032】

即ち、請求項4に記載の発明の照明装置によれば、柱状導光手段を、その入射端面側から連続的に大きくなるテーパー状の形状にすることで、NAを小さい光に変換でき、高効率な照明装置が実現できる。

【0033】

また、請求項5に記載の発明による照明装置は、請求項1に記載の発明による照明装置において、上記拡散放射特性を有する微小面光源を複数具備することを

特徴とする。

【0034】

即ち、請求項5に記載の発明の照明装置によれば、複数の光源を備えることで、明るい高効率な照明装置が実現できる。

【0035】

また、請求項6に記載の発明による照明装置は、請求項3に記載の発明による照明装置において、

上記柱状導光手段を複数具備し、

上記柱状導光手段のある一方向の配列数nは、該柱状導光手段の上記出射端面のその方向における長さをYとし、上記照明レンズの焦点距離をfとし、上記所定の照明領域におけるその方向の最大許容光線角度をθとした場合、

$$n \leq (2 \times f \times \tan \theta) / Y$$

を満足することを特徴とする。

【0036】

即ち、請求項6に記載の発明の照明装置によれば、複数の柱状導光手段を備えることで、明るく平行度の高い光に変換することができ、さらに、ロッド出射端面の共役面を照射位置とするのではなく、瞳を形成し、該瞳位置を照射位置とすることによって、複数のロッドを配列したときに各ロッドの出射端面の外周縁が照射位置に照明ムラとなってしまうようなことなく、均一な照明装置が実現できる。

【0037】

また、請求項7に記載の発明による照明装置は、請求項5又は6に記載の発明による照明装置において、上記微小面光源と上記柱状導光手段とは各々対になっていることを特徴とする。

【0038】

即ち、請求項7に記載の発明の照明装置によれば、複数の光源と柱状導光手段とが各々対となっていることで、微小面光源からの光を効率良く柱状導光手段に取り込むことができ、より明るく高効率な照明装置が実現できる。

【0039】

また、請求項8に記載の発明による照明装置は、請求項6に記載の発明による照明装置において、上記複数の柱状導光手段が、上記微小面光源の法線方向に対して異なった位置に該柱状導光手段の上記出射端面が位置するようにし、配列した複数の柱状導光手段は中央の柱状導光手段が上記照明レンズから最も遠く、端に位置する柱状導光手段が上記照明レンズから最も近くなるように配設したことを特徴とする。

【0040】

即ち、請求項8に記載の発明の照明装置によれば、一部または全部の柱状導光手段が所定の位置からずれて配設されることによって、被照明領域での均一性が高い照明装置が実現できる。

【0041】

また、請求項9に記載の発明による照明装置は、請求項1に記載の発明による照明装置において、上記柱状導光手段は、ガラスや樹脂などの透明材料からなる光学面で構成されたロッドであることを特徴とする。

【0042】

即ち、請求項9に記載の発明の照明装置によれば、柱状導光手段が透明材料の光学面で構成されていることにより、導光損失の少ない、効率の高い照明装置が実現できる。

【0043】

また、請求項10に記載の発明による照明装置は、請求項1に記載の発明による照明装置において、上記柱状導光手段は、内面が反射鏡で構成された中空構造のミラーパイプであることを特徴とする。

【0044】

即ち、請求項10に記載の発明の照明装置によれば、柱状導光手段が中空構造のミラーパイプタイプであることにより、柱状導光手段の長さが短く、製作性の高い、取込効率の高い照明装置が実現できる。

【0045】

また、請求項11に記載の発明による照明装置は、請求項1又は4に記載の発明による照明装置において、

上記柱状導光手段は、上記入射端面の大きさと上記出射端面の大きさとの比に異方性があり、

上記照明領域の大きな方向が上記比が小さい方向となるように、上記柱状導光手段を配設することを特徴とする。

【0046】

即ち、請求項11に記載の発明の照明装置によれば、柱状導光手段の入射端面の大きさと出射端面の大きさとの比が方向により異なることで、方向により照明領域の大きさを変えることができ、高効率な照明装置が実現できる。

【0047】

また、請求項12に記載の発明による照明装置は、請求項1又は4に記載の発明による照明装置において、上記柱状導光手段は、上記入射端面の形状と上記出射端面の形状とが相似であることを特徴とする。

【0048】

即ち、請求項12に記載の発明の照明装置によれば、柱状導光手段の入射端面と出射端面の形状が相似であることにより、取込光学系である柱状導光手段の製作性の良い、高効率の照明装置が実現できる。

【0049】

また、請求項13に記載の発明による照明装置は、請求項2に記載の発明による照明装置において、上記柱状光学手段の最大射出NAは、上記瞳形成手段が所定の大きさの瞳を形成する際の入射側NAと略一致するように構成することを特徴とする。

【0050】

即ち、請求項13に記載の発明の照明装置によれば、柱状導光手段の最大NAと所定の大きさの光学的瞳を形成するときの瞳形成手段の入射側NAが略一致していることで、柱状導光手段の最大NAの光線が照明領域の最周縁に到達し、無駄のない照明効率の良い照明装置が実現できる。

【0051】

また、請求項14に記載の発明による照明装置は、請求項2に記載の発明による照明装置において、上記柱状導光手段の上記出射端面の後段に光拡散素子を配

設したことを特徴とする。

【0052】

即ち、請求項14に記載の発明の照明装置によれば、柱状導光手段の出射端面後段に光を拡散させる素子を配することにより、柱状導光手段の射出光の角度ムラを低減し、被照射領域での照明ムラの少ない均一な照明装置が実現できる。

【0053】

また、請求項15に記載の発明による照明装置は、請求項14に記載の発明による照明装置において、

上記光拡散素子の拡散角 θ は、

上記瞳形成手段が焦点距離 f を有し、上記照射領域の大きさを L とした場合に

$$-2 \times \tan^{-1}(0.5 \times L/f) < \theta < 2 \times \tan^{-1}(0.5 \times L/f)$$

を満足することを特徴とする。

【0054】

即ち、請求項15に記載の発明の照明装置によれば、光拡散素子の拡散角が所定の角度以内であることにより、照明領域に無駄の少ない効率的で均一な照明装置が実現できる。

【0055】

また、請求項16記載の発明による照明装置は、請求項14に記載の発明による照明装置において、上記光拡散素子は、1次元ディフューザであることを特徴とする。

【0056】

即ち、請求項16に記載の発明の照明装置によれば、光拡散素子が1次元ディフューザであるで、照明領域に無駄が一層少ない効率的で照明ムラの少ない照明装置が実現できる。

【0057】

また、請求項17に記載の発明による照明装置は、請求項1に記載の発明による照明装置において、上記柱状導光手段の上記出射端面の近傍に光束形状変換素

子を配設したことを特徴とする。

【0058】

即ち、請求項17に記載の発明の照明装置によれば、光束形状変換素子を配設することで、任意の照明領域形状に対応した照明装置が実現できる。

【0059】

また、請求項18に記載の発明による照明装置は、請求項17に記載の発明による照明装置において、上記光束形状変換素子は、円形の光束断面形状を矩形に変換する機能を有するディフューザであることを特徴とする。

【0060】

即ち、請求項18に記載の発明の照明装置によれば、円形形状を矩形形状に変換する光束形状変換素子を配設することで、矩形の被照射物に対応した効率的で照明ムラの少ない照明装置が実現できる。

【0061】

また、請求項19に記載の発明による照明装置は、請求項5に記載の発明による照明装置において、

上記微小面光源のそれぞれの発光量を調整可能にする点灯手段と、

上記微小面光源と上記柱状導光手段とを相対的に移動させる移動手段と、

上記照明領域を照明する光を上記複数の上記微小面光源の光から選択するよう上記移動手段、及び／又は、上記点灯手段を制御する光選択制御手段と、

を具備することを特徴とする。

【0062】

即ち、請求項19に記載の発明の照明装置によれば、微小光源と柱状導光手段とを相対的に移動させ、その移動に伴い微小光源を制御しながら発光させることで、明るい光源を得ることができ、さらに、柱状導光手段で集光効率良く光を取り出し、瞳形成手段により形成された光学的瞳位置を照射位置とすることで、光源と取込光学系である柱状導光手段との相対的移動に伴う、照射領域の変移がない、効率的な明るい照明装置が実現できる。

【0063】

また、請求項20に記載の発明による照明装置は、請求項2に記載の発明によ

る照明装置において、上記瞳形成手段を上記柱状導光手段の上記出射端面の法線に対して偏心して配設することを特徴とする。

【0064】

即ち、請求項20に記載の発明の照明装置によれば、柱状導光手段の光学軸と瞳形成手段の光学軸とが偏心関係にあることで、斜め照射が必要な場合に、照明ムラのない、コンパクト且つ効率的な照明装置が実現できる。

【0065】

また、請求項21に記載の発明による照明装置は、請求項20に記載の発明による照明装置において、上記瞳形成手段が自由曲面からなるプリズムを備えていことを特徴とする。

【0066】

即ち、請求項21に記載の発明の照明装置によれば、瞳形成手段を自由曲面プリズムで構成することで、柱状導光手段で効率良く集光、導光された光をコンパクトに被照射領域に導くことができ、効率的且つコンパクトな照明装置が実現できる。

【0067】

また、請求項22に記載の発明による画像投影装置は、
請求項1乃至21の何れかに記載の照明装置と、
画素構造を有し、画像信号に従って画素ごとに光を変調する光変調素子と、
上記光変調素子を拡大投影する投影レンズと、
を具備し、
上記照明装置における上記照明領域に上記光変調素子を配設したことを特徴とする。

【0068】

即ち、請求項22に記載の発明の画像投影装置によれば、効率の良い均一な明るい照明装置を備えることにより、高効率で高画質の良い画像投影装置を提供できる。

【0069】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0070】

【第1の実施の形態】

図1の(A)は、本発明の第1の実施の形態に係る照明装置の構成を示す図であり、本実施の形態に係る照明装置は、微小面光源であるLED1と、柱状導光手段としての導光ロッド10と、角度位置変換手段もしくは瞳形成手段としての照明レンズ11と、光変調素子12とから構成されている。

【0071】

ここで、上記照明レンズ11の前側焦点位置に上記導光ロッド10の出射端面が位置するように、上記導光ロッド10を配設すれば、上記照明レンズ11の焦点位置付近に光学的な瞳が形成されるため、その瞳位置に上記光変調素子12を配すれば、上記導光ロッド10の出射端面を仮想の光源とした像側テレセントリックなケーラー照明となる。

【0072】

なお、上記導光ロッド10は、材質が照明光束の波長域に対して透明なガラスもしくは樹脂で、効率の観点から側面での全反射で導光するように、全面鏡面加工の光学面で構成されたものである。

【0073】

また、上記光変調素子12を1インチの透過型のLCD、許容NAを0.2とし、導光ロッド出射端面からのNAを $\sin 25^\circ$ とすると、図23の(B)に示した関係より、導光ロッド断面サイズΦは、 $\Phi = 2 \times 25.4 \times 0.2 / (2 \times \sin (25^\circ)) = 12\text{mm}$ となる。上記導光ロッド10の入力側と出力側では光線NAは変わらないため、LED1のチップを上記導光ロッド10の入射面から13mm離せば、 25° 以下の光線のみが取り出すことができ、照明ムラが±10%程度にできる。また、上記照明レンズ11の焦点距離fを約27mmとすれば、該照明レンズ11の主平面から約27mmの位置に直径1インチの瞳を形成することができ、面積効率の良い照明が実現できる。

【0074】

なお、上記照明レンズ11が、そのFナンバがおよそ1の短焦点レンズとなっ

てしまうことと、上記導光ロッド10での取込効率が、取込NAが25°ということで、約18%という効率の低さから、LED光源からの光の取込効率集光素子を高効率にできると、より好ましい。

【0075】

以上のように、本第1の実施の形態に係る照明装置では、LED1のような微小面光源からの放射光を集光する導光ロッド10と、該導光ロッド10からの出射光から所定のサイズの瞳を形成する照明レンズ11とを具備することで、比較的簡単な構成で短光学長の照明系が実現できる。

【0076】

また、LED1の放射角度特性は比較的緩やかなカーブを描き、照明レンズ11により瞳を形成することで放射角度特性が瞳において瞳上での強度ムラに変換されるため、瞳を被照射領域とすれば、照明ムラの少ない、均一な照明を行うことが可能な照明装置が実現できる。

【0077】

[第2の実施の形態]

次に、本発明の第2の実施の形態を説明する。

【0078】

図1の(B)は、本第2の実施の形態に係る照明装置の構成を示す図であり、本実施の形態に係る照明装置は、微小面光源であるLED1と、柱状導光手段としてのテーパーロッド13と、照明レンズ11と、光変調素子12とから構成されている。

【0079】

即ち、図1の(A)の導光ロッド10において、ロッドの取込効率向上のため、LED1のチップを該ロッドに近づければ取込効率が上がるが、被照射領域外の光になるか、許容NAを超えた光になるかで結局無駄な光になってしまうので、本第2の実施の形態では、テーパー状の導光ロッドであるテーパーロッド13を用い、該テーパーロッド13においてNA変換を行い、効率向上を図るようにしている。

【0080】

このように導光ロッドをテーパー状にしたことで、LED1の放射光のうちテーパーロッド13の入射端面に取り込まれた光束のNAは、該テーパーロッド13の出射端面から射出する際、該テーパーロッド13の側面で角度の大きな光は反射されて小さい角度に変換されるため、より小さなNAとなり射出する。従って、LED放射光の取込NAを大きくすることができ、効率の向上が実現する。

【0081】

なお、上記第1の実施の形態では導光ロッド10の長さについて、触れていないが、このようにテーパー状にした場合には、長さが長ければ長いほど出射端面から射出する光の角度強度分布がより一様になる。

【0082】

また、上記照明レンズ11の焦点距離が f の場合、該照明レンズ11の主平面から後段側へ f 離れた焦点位置に光学的な瞳が形成される。上記テーパーロッド13の出射端面を上記照明レンズ11の主平面から前段側へ f 離れた位置に配すれば、上記光変調素子12をテレセントリックに照明することができ、上記テーパーロッド13の出射端面と上記照明レンズ11の主平面との間隔を焦点距離 f よりも短くすることによって、本実施の形態のように光変調素子12において周辺に行くにしたがって、発散方向となる光線傾角で照明することができる。例えば、このような照明装置を用いた画像投影装置において、上記光変調素子12を図示しない投影レンズで拡大投影する場合、光線傾角における投影レンズとのマッチングを図ることによって、その投影レンズでのケラレが低減でき、効率を確保できる。

【0083】

例えば、上記照明レンズ11として図1の(A)の例で用いた焦点距離27mm程度のレンズを用いる場合、上記テーパーロッド13は入射端面Φ(断面サイズ)を1.5mm、出射端面Φを8.8mm、長さを40mmであればNA0.3の光に変換でき、光変調素子12としての0.7インチの透過型LCDをNA0.15で照明できる。このとき、主光線傾角は、そのLCDの後段に配される投影レンズの主光線傾角に合わせる。

【0084】

以上のように、本第2の実施の形態に係る照明装置は、LED1のような微小面光源を用い、効率の良い、且つ、所望の平行性を有する均一照明を実現するため、光源から放射された拡散光を集光性良く、平行度の高い光に変換する素子としてのテーパーロッド13と、該テーパーロッド13からの出射光から所定のサイズの瞳を形成する照明レンズ11とを具備している。

【0085】

そして、LED1の放射角度特性は比較的緩やかなカーブを描き、さらにテーパーロッド13を用いることで、よりフラットな放射角度特性となり、照明レンズ11により瞳を形成することで放射角度特性が瞳において瞳上での強度ムラに変換されるため、瞳を被照射領域とすれば、照明ムラの少ない、均一な照明を行うことができる照明装置が実現できる。

【0086】

なお、上記のようなテーパーロッド13を使用した場合における E_{tendue} の関係は図1の(C)に示すようになる。ここで、LED1から放射された拡散光のうち、テーパーロッド13で取り込まれ、その出射端面に到達した、出射端面積 S_1 、立体角 Ω_1 の光と、レンズ系11'（照明レンズ11）を介した面積 S_2 、立体角 Ω_2 の光との間に保存則が成り立ち、LED1から放射された光量とテーパーロッド出射端面から放射される光量の比が、該テーパーロッド13における取込及び導光の効率である。

【0087】

また、上記テーパーロッド13及び上記導光ロッド10は、材質としては照明光束の波長域において透明なガラスか樹脂で製作されるものであるが、例えば汎用光学ガラスのBK7が可視域全般で高透過率、低分散な特性を示すので適している。また、高価であるが、短波長域での透過率確保のため、石英などを用いても良い。また、全反射を基本とするため、該ロッドを構成する面の全面を、いわゆる粗面でなく鏡面にする必要がある。

【0088】

また、このような透明光学部材で形成するロッドに対して、内面が反射面になっている中空状のパイプ構造、即ちミラーバイプを使用しても、所望の集光及び

光線平行度の向上といった機能が得られる。このミラーパイプは、金属板を加工してロッド形状にしたり、金属の反射膜や誘電体多層膜を内面に成膜することによって形成する。

【0089】

このようなロッドタイプと中空パイプタイプは、媒質がガラス又は樹脂と空気とで屈折作用がその屈折率に従い違うだけで、原理的には同様である。但し、ロッドタイプの方が、全反射があるため効率が良いこと、屈折するため同じ反射回数ではパイプタイプよりも長くなること、端面にごみが付着すること、パイプタイプよりも重くなること、製作が高価なことなどが特徴として挙げられる。

【0090】

本実施の形態、更には他の実施の形態において、効率重視かサイズ重視かを考慮して、その使用状況に応じて最適ないずれかを選択すれば良い。

【0091】

【第3の実施の形態】

次に、本発明の第3の実施の形態を説明する。

【0092】

図2は、本第3の実施の形態に係る照明装置の構成を示す図であり、本実施の形態に係る照明装置は、上記第2の実施の形態と同様のLED1とテーパーロッド13のペアを複数個用いて構成したものである。

【0093】

この場合、照明レンズ11を、その主平面から焦点距離fに相当する距離離れた位置に各々のテーパーロッド出射端面が位置するよう、像側テレセントリックとなるように構成し、上記テーパーロッド13を平行に配列することにより、各LED1からの光を重ね合わせることができる。

【0094】

このような構成の照明装置によれば、LED1が複数であるため、明るくできることに加え、LED1の放射角特性の個体差などが平均化でき照明ムラを均一化することができるという効果を奏する。

【0095】

[第4の実施の形態]

次に、本発明の第4の実施の形態を説明する。

【0096】

図3は、本第4の実施の形態に係る照明装置の構成を示す図であり、本実施の形態に係る照明装置は、第3の実施の形態の構成に於いて、照明レンズ11の光学軸方向に、上記LED1とテーパーロッド13とのペアをずらして構成したものである。即ち、テーパーロッド13c1, 13c2の最外角の光線が光変調素子12の最軸外になるように照明レンズ11を構成し、テーパーロッド13b1, 13b2を上記照明レンズ11から離す方向に少しずらし、テーパーロッド13aをさらに離した位置に配している。

【0097】

このような構成の照明装置の効果を以下に説明する。

図4の(A)は、各テーパーロッド13の出射端面から射出される光束の配光角特性を示す図である。同図に示すように、テーパーロッド13c1, 13c2では約±27°以内の角度の光束が光変調素子12に導かれるが、テーパーロッド13b1, 13b2では約±24°以内の角度の光束、テーパーロッド13aでは約±20°以内の角度の光束が光変調素子12を照明する。このような配置にすると、実際の光変調素子12上の照明ムラは、図4の(B)に示したa, b, cの各角度分布特性の足し合わせであり、照明ムラが平均化されるメリットがある。

【0098】

[第5の実施の形態]

次に、本発明の第5の実施の形態を説明する。

【0099】

図5の(A)及び(B)は、本第5の実施の形態に係る照明装置の構成を示す水平方向断面図及び垂直方向断面図である。

【0100】

本実施の形態に係る照明装置は、上記第2の実施の形態におけるテーパーロッド13に代えてミラーパイプ14を使用すると共に、このミラーパイプ14のテ

一 parity を、その方向によって変えているものである。

【0101】

このように、ミラーパイプ14の入射端面と出射端面の大きさの比、即ち、口径比が、水平方向と垂直方向で異なれば、射出光束のNAも方向によって異なる。従って、形成される光学的な瞳15も、方向によってサイズが異なり、図5の(C)に示すように、仮に入射端面が正方形だとしても、出射端面が縦に長い矩形、即ち、縦方向の口径の方が横方向の口径よりも大きい場合には、縦方向の射出NAの方が横方向のNAよりも小さくなる。従って、瞳15の形状は、横方向に長軸を持つ橢円になる。

【0102】

このようにすることで、横に長いアスペクトの光変調素子12を照明する場合に、許容NAに入るようすれば、照射エリアの面積効率が上がり、光効率が向上する。

【0103】

ここで、図5の(A)及び(B)に示すような口径比(Aperture Ratio、以降ARと記す。)を有するロッドやミラーパイプ、更にはアスペクトのある入射端面形状を有するロッドやミラーパイプの、形状と角度分布特性との関係を明確化するため、図6に示すような角型テーパーロッド(又はテーパーを有するミラーパイプ)13A乃至13Dの角度分布を調べてみる。座標軸は、長軸方向をZとし、図6に示すように、断面の水平方向をX方向、垂直方向をY方向とする。

【0104】

この場合の諸元は、図7に示すような表のようになっている。即ち、 1×1 のLED1のチップサイズに対し、該LEDチップと入射端面とのギャップを0.5、長さを35に統一して、テーパーロッド13Aとテーパーロッド13BはARは同じだが、テーパーロッド13Bは入射端面、出射端面サイズがそれぞれテーパーロッド13Aの2倍の関係、テーパーロッド13Aとテーパーロッド13Cは一方向のARがもう一方の2倍の関係、テーパーロッド13Aとテーパーロッド13DはARは同じだが、一方向の径がもう一方向の径の2倍の関係、テーパーロッド13Cとテーパーロッド13Dは方向によってARが異なる関係とす

る。

【0105】

また、LEDチップの放射角特性をランバーシャン（完全拡散）とした場合の各ロッドの出射端面からの射出光の配光特性を図8の（A）乃至（D）に示す。

【0106】

テーパーロッド13Aとテーパーロッド13Bは、入射端面の大きさの比較になる。ARが方向による違いがないため、図8の（A）と図8の（B）との比較により判るように、X（水平）方向とY（垂直）方向とで特性に違いがないが、テーパーロッド13Aと比較してテーパーロッド13Bのほうが口径が大きいため、射出角も大きい。これは、入射端面の大きさが大きいことで入射NAが大きいため、射出NAが大きくなるからである。

【0107】

また、テーパーロッド13Aとテーパーロッド13Cの場合は、ARの比較になる。図8の（A）と図8の（C）との比較により判るように、テーパーロッド13Aとテーパーロッド13CとでARが同じであるX方向の射出NAは同じであるが、Y方向ではARの大きいテーパーロッド13Cの方が射出NAは小さい。図5の（C）で示した定性的な説明がそのまま当てはまる。

【0108】

テーパーロッド13Aとテーパーロッド13Dの場合は、入射端面の大きさの比較になる。テーパーロッド13Aとテーパーロッド13DとでARは各方向で同じであるが、図8の（A）と図8の（D）との比較により判るように、テーパーロッド13DのY方向の射出NAが大きい。これは、テーパーロッド13Aに比してテーパーロッド13Dの入射端面が大きいため入射NAが大きいからである。

【0109】

テーパーロッド13Cとテーパーロッド13Dの場合は、ARの比較になる。テーパーロッド13Cとテーパーロッド13Dとで入射端面の大きさが2倍の関係にある。ARは、テーパーロッド13CのX方向が2.8、Y方向が5.6であり、テーパーロッド13DのX方向は2.8、Y方向は2.8である。図8の

(C) と図8の(D)との比較により判るように、射出NAはテーパーロッド13CのX方向とテーパーロッド13DのX方向は同じであるが、Y方向については、ARの大きいテーパーロッド13Cの方が小さい。AR値がX方向と同一であるテーパーロッド13DのY方向の射出NAが大きいのは、入射端面の大きさが大きいからである。

【0110】

以上を整理すると、射出NAはARが大きいほうが、また、入射端面の大きさは小さいほうが、小さくなる。また、長さは長くなるほど、射出角の角度ムラが滑らかになる。図8の(A)乃至(D)に示された角度特性も滑らかなグラフではないので角度ムラが残存する。これは、テーパーロッド長を長くすれば低減する。

【0111】

このようにテーパーロッド（又はテーパーを有するミラーパイプ）を用いることで、入射NAはギャップと入射端面の大きさから約0.8以上もある光束をNA0.3程度に変換することができる。これをレンズで同じ事を達成しようとしても、そもそも入射NAのレンズ自体が難しく、軸上性能は確保できても、チップ面全体に渡り性能を出すのは難しい。

【0112】

このテーパーロッド（又はテーパーを有するミラーパイプ）のNAの変換度は、ある程度の反射回数が確保できる長さにおいては、前述のARに依り所謂テーパー角には依らない。即ち、図8の(A)乃至(D)のグラフは、図6に示した各テーパーロッド（又はテーパーを有するミラーパイプ）の長さが変わってもグラフの滑らかさが変わるもので、最大角度やグラフの傾きはそれほど変化しない。

【0113】

[第6の実施の形態]

次に、本発明の第6の実施の形態を説明する。

【0114】

本実施の形態に係る照明装置は、上記第5の実施の形態で説明したように、入

射端面サイズと出射端面サイズとの比であるA Rが大きいとテーパーロッド13の射出光のN Aがより小さくなるということを利用して、第4の実施の形態を変形したものである。

【0115】

即ち、図9に示すように、本第6の実施の形態に係る照明装置は、A Rが大きく射出N Aが小さいテーパーロッド13pを光軸に近い中央付近に配設し、A Rが小さく射出N Aが大きいテーパーロッド13r1, 13r2を光軸から離れて周辺付近に配設しているものである。

【0116】

このような構成とすることで、被照射物に対する照射領域において無駄な領域を低減でき、効率を確保しながら、照明ムラを平均化することが可能となる。

【0117】

[第7の実施の形態]

次に、本発明の第7の実施の形態を説明する。

【0118】

テーパーロッドから放射される光は、テーパーロッドの長さが短いと図8の(A)乃至(D)に示すように角度ムラが存在する。即ち、図10の(A)及び(B)に示すように、角型のテーパーロッド13の場合、放射される光に格子状の角度ムラが生じる。このテーパーロッド13の放射光束を瞳を形成してケーラー照明すると、この角度ムラが被照射物上でそのまま照度ムラとなる。

【0119】

そこで、本第7の実施の形態に係る照明装置においては、図10の(C)に示すように、テーパーロッド13の出射端面の後段に、光拡散素子としての拡散板16を配設している。これにより、図10の(D)に示すように、角度ムラを低減することができる。

【0120】

なおこのとき、上記拡散板16として拡散角があまり大きなものを使用してしまうと、せっかくテーパーロッド13にてN Aを小さい光に変換したのに、大きな角度の光になってしまふこととなる。従って、照明ムラの大きさとの兼ね合い

で拡散角の比較的小さな拡散板16を用いる。

【0121】

この拡散板16の拡散角について、図11を参照して説明する。

【0122】

拡散角の大きさは、角度ムラ低減（照明位置では照明ムラ低減）と効率とに関係し、拡散角が大きいほど角度ムラが低減するが、効率が悪くなる。

【0123】

最大拡散角 θ は、照明レンズ11の焦点距離を f とした場合、テーパーロッド13の出射端面から垂直に射出された光束が拡散角 θ の広がりを持ったときに、照明位置において照明領域 L 程度の大きさになる程度が上限である。この拡散角の大きさで射出角の平均化の効果は最大になる。しかしながら、拡散板16を入れない元々のテーパーロッド13の最大射出角がおよそ θ 相当であった場合、該拡散板16を入れると瞳の大きさが照明領域に対して大きくなってしまい、効率が非常に悪くなってしまうため、実際には拡散角はこの最大拡散角よりも小さい値が好適である。

【0124】

また、上記のように拡散板16をテーパーロッド13の後段に配設することで角度ムラを低減できるが、ケーラー照明を行う場合、この拡散板16の特性を工夫すると効率向上が図れる。

【0125】

例えば、図12の(A)に示すように、円形光束を入射すると橢円形状の光束になる1次元方向のみ拡散角を有する拡散板（1次元ディフューザ16A）を用いれば、長方形の被照射物をケーラー照明する場合、照明領域の面積効率が向上する。この1次元ディフューザ16Aとしては、例えば、LSD5×0.2という商品名で販売されているビーム整形ディフューザが知られている。

【0126】

さらに、図12の(B)に示すように、円形光束を矩形光束に変換するような光束形状変換機能を有する拡散板（光束形状変換ディフューザ16B）を用いれば、面積効率が更に向上する。この場合、前述のように拡散角が小さいものでな

いと、角度分布のシェーディングが大きくなってしまったり、効率が悪くなってしまふが、拡散角がテーパーロッドの射出光の射出側のNAに比して、小さいと光束の形状変換が充分に行われないため、テーパーロッドのNA変換効果を大きくして、シェーディング、効率とのバランスに応じて最適な拡散角のものを選定することが重要である。ここで、光束を角型にするために光路長はある程度必要になる。従って、光束形状変換ディフューザ16Bは、テーパーロッド13の出射端面近辺に配設することが好ましい。例えば、図13の(A)に示すような構成の照明装置とする。このような構成の照明装置とすることによって、該光束形状変換ディフューザ16Bが無い場合は図13の(B)に示すよう照明領域17であるものが、該光束形状変換ディフューザ16Bの配設により図13の(C)に示すような照明領域17となる。この場合、面積効率は、図13の(B)の場合が約60%であるのに対して、図13の(C)の場合は約80%程度と効率が向上する。

【0127】

なお、光束形状変換素子としての上記光束形状変換ディフューザ16Bは、水平方向と垂直方向と対角方向とで異なる配光角特性を備え、図13の(D)に示すように光束を矩形状に分離することができ、角型形状への変換が実現できるものである。この光束形状変換ディフューザ16Bとしては、例えば、米国特許第5365354号や第5534386号に開示されており、ホログラムパターンを樹脂などの素材面上に加工するサーフェスレリーフ技術により、配光制御が可能となるものである。例えば、LSD5×3という商品名で販売されているビーム整形ディフューザが知られている。

【0128】

このように、微細な凹凸がランダムに形成された拡散板(ディフューザ)をテーパーロッド13の出射端面に配設することで、瞳形状を、円形ではなく、所望の形状に近づけることで、効率向上を図ることが可能となる。

【0129】

【第8の実施の形態】

次に、本発明の第8の実施の形態を説明する。

【0130】

ところで、テーパーロッド13でNA変換した光を所定のNAで所定の照明領域に集光する際、被照明物が2次元マイクロミラー偏向アレイのときのように斜光照明が必要な場合は、テーパーロッド13や照明レンズ11などの構成レイアウトも斜光照明に併せて偏心させる必要がある。

【0131】

なお、上記光変調用の2次元マイクロミラー偏向アレイとは、DMD（デジタルマイクロミラーデバイス）の商標で知られるものであり、例えば、特開平11-32278号公報の段落【0026】や国際公開第WO98/29773号公報の第5頁第23行目乃至第6頁第6行目に開示されているので、その詳細説明は省略する。

【0132】

図14の（A）は、このような斜光照明が必要な場合における本第8の実施の形態に係る照明装置を使用した画像投影装置の構成を示す図である。

【0133】

即ち、瞳形成手段として、照明レンズ11に代えて偏心ミラー11Aを使用し、該偏心ミラー11Aで光路を折りたたみ、光変調素子12としてのDMD（商標）12Aを照明する構成とすることで、コンパクト化を図っている。この場合、DMD（商標）のON光とOFF光がオーバーラップしないように偏心ミラー11Aを配設し、さらに偏心収差を除去するため、アナモルフィックにするなどの工夫がある。

【0134】

[第9の実施の形態]

ここで、ロッドを用いた場合の幾つかのバリエーションを、本発明の第9の実施の形態として説明する。

【0135】

図14の（B）は、テーパーロッド13の出射端面に、光軸を曲げるために斜面に反射コートした三角プリズム18を配設し、照明レンズ11として機能する自由曲面で構成されたプリズム11Bで光路を折りたたみ、光変調素子12とし

ての薄型な透過型LCD12Bを照明するよう構成した照明装置を示している。この場合、ロッド出射端面は、三角プリズム18と別体ではなく、出射端面が斜めになるようにテーパーロッド13を加工しても良いし、後段の光学系との兼ね合いでレンズ形状を持たせても良い。

【0136】

また、図15の(A)は、瞳形成手段として同じく自由曲面で構成された自由曲面プリズム11Cを用いた照明装置の例である。この場合、光路の折りたたみが多いことで、レイアウトの制限条件に合わせたコンパクト化が図れる。

【0137】

図15の(B)は、光変調素子12として反射型LCD12Cを用いた画像投影装置の構成を示す図である。この場合、照明装置は、直線偏光化するために、テーパーロッド13後段にP.Sコンバータ19を配し、また、照明レンズ11と反射型LCD12Cとの間に偏光ビームスプリッタ(以下、PBSと記す。)20を配して、照明光を反射型LCD12Cに照射するようにしている。更に、上記テーパーロッド13でNA変換した光束により光学瞳を作るための照明レンズ11は色取りのためダブレットで構成する。そして、PBS20は、LED側から上記反射型LCD12Cへの光は反射し、上記反射型LCD12Cからの反射光は上記LED側に反射しないで投影レンズ21側に透過するようになっているので、このような照明装置を使用した画像投影装置では、図示しない駆動回路から出力される電気信号によって上記反射型LCD12Cに画像を表示することで、その表示された画像を上記PBS20を介して投影レンズ21でスクリーン22上に拡大投影することができる。

【0138】

[第10の実施の形態]

次に、本発明の第10の実施の形態を説明する。

【0139】

複数のLED1をロッドに対して移動手段により相対移動させながら、ロッドの入射端に対向する所定の位置に到達したLED1を選択し、点灯手段によりパルス点灯駆動し、順次切り替えるよう光選択制御手段により制御することで明る

ぐする方法が考えられる。この場合、LED1とロッドとの相対位置関係は時間的に変化するため、ロッドの射出光量も時間的に変動することになる。LED1が1個だけ順次点灯する場合だと、LED1の配光特性が、一般的な配光特性である垂直方向に最も光量が多いような場合、LED1がロッド端面の中央法線上にある位置をピークとして、LED1がロッド端面の中心位置から外れるほど、ロッドに取り込まれる光量が少なくなるため、この時間変動は激しく、DMD（商標）のようにタイムシェアリングすることで階調を表現するような光変調素子12を照明する場合には不適である。

【0140】

そこで、本第10の実施の形態に係る照明装置では、このようにLED1を動かす場合、常時2個のLED1を点灯させる。

【0141】

図16の(A)乃至(D)は、テーパーロッド13の入射端面から取り込む様子を、時間的に、図16の(A)→図16の(B)→図16の(C)→図16の(D)の順で示したものである。ここで、これらの図中、黒塗りしているLED1が発光している状態を示しているが、図16の(A)から図16の(B)の状態移行のタイミングで発光LED1を切り替えるのが望ましい。この場合、常に約1個半強分の光がテーパーロッド13に取り込まれるため、光量の時間変動が少ない。そのためには、LED1またはテーパーロッド13の移動方向に対し、LEDピッチの2倍の入射端面径が必要である。従って、紙面と垂直方向は例えばLEDピッチと同等の径で、移動方向である紙面方向にはLEDピッチの2倍の径であるような橢円もしくは長方形のテーパーロッド13となる。

【0142】

また、このように移動方向に入射端面の大きさが長いものが時間変動が少ないため、図6に示すような入射端面と出射端面のアスペクトが同じであるテーパーロッド13Dを使用した場合、入射NAの大きい方向がそのまま射出NAも大きくなることを利用して、装置の仕様決定を行えば、テーパーロッドの製作性良く、時間変動の少ない照明装置が実現できる。更に、この図6に示すテーパーロッド13Dの例では、ロッドのY方向と同一方向に光変調素子12の長辺が位置す

るよう構成すれば、面積効率良く照明できる。

【0143】

【第11の実施の形態】

次に、本発明の第11の実施の形態を説明する。

【0144】

図17の(A)は、本第11の実施の形態に係る照明装置の構成を示す図であり、LED1を順次パルス点灯することで明るさを向上させるようにしたものである。

【0145】

即ち、本実施の形態に係る照明装置は、LED1を中心に向かって円周状に配列し、柱状導光手段としてのNA変換のためのL字型の光学面で構成された2本の角型の導光ロッド部材23を回転させ、これら導光ロッド部材23の回動に伴い、対応する位置となったLED1を順次発光させる。この場合、上記第10の実施の形態で説明したように、各導光ロッド部材23に関してそれぞれ2個のLED1を発光させることが好ましいが、勿論、1個であっても構わない。

【0146】

そして、光学系はケーラー照明の構成とし、導光ロッド部材23の出射端面に配設された光束変換素子、例えば光束形状変換ディフューザ16B、により、照明レンズ11で形成される瞳の形状を光変調素子12の外形に近い形へ変換する。

【0147】

このとき、図17の(B)に示すように、導光ロッド部材23の出射端面23aの光束形状は、該出射端面23a自体は矩形形状であっても、回転によりコーナー部の軌跡を円周とする円形形状となる。仮に、出射端面23aを仮想光源として、被照射物である光変調素子12と共に役関係にするクリティカル照明を行う場合、物体面である出射端面23aの周辺部が時間的に光量変動することとなり、時間的な照明ムラとなってしまう。これに対して、ケーラー照明だと、射出光の角度分布が導光ロッド部材23が回転しても変化しないため、照度ムラの時間的な変動は生じない。

【0148】

図18は、図17の(A)に示した本第11の実施の形態に係る照明装置の構成をより詳細に示す図である。

【0149】

即ち、回動可能な保持具であるロッドホルダ24に取り付けられたL字型の光学面で構成された角型の導光ロッド部材23を、駆動手段としてのモータ25で回転し、ドラム状に形成したLED基板26の内周に配列した複数のLED1を、上記導光ロッド部材23の回転に併せて順次点灯する。なお、導光ロッド部材23が角型とした理由は、LED1が矩形であるためその形状に近いことが効率が高いことと、L字型に折り曲げるときの損失を最小限に抑えることである。また、このL字状の導光ロッド部材23は、一体成形で製作しても良いし、角柱の平行ロッド23Aと光路折り曲げ用の斜面に反射コートを施した反射プリズム23Bとテーパーロッド23Cとの3部品を接合して形成しても良い。

【0150】

そして、上記導光ロッド部材23の出射端面を仮想光源として、照明レンズ11で光変調素子12である表示デバイス上に光学瞳を作るケーラー照明光学系を構成する。更に、面積効率向上のため、光束形状変換ディフューザ16Bを導光ロッド部材23の出射端面後段に配設する。また、上記導光ロッド部材23の出射端付近に配した導光板27により、射出光の一部を光量モニタ28に導光してモニタし、点灯手段としてのLED駆動回路29により、そのモニタした射出光の増減に応じて、光量が最適となるよう、LED1の駆動電流をフィードバック制御する。また、このLED駆動回路29によるLED1の発光タイミングは、回転センサ30によるロッドホルダ24の回転位置検出に基づいて、光選択制御手段としての発光タイミング制御回路31によって制御される。

【0151】

なお、上記モータ25はモータ駆動回路32によって駆動される。また、ドラム状のLED基板26の外周には放熱板33が設けられており、LED1の発光に伴って発生される熱を放熱することで、熱によるLED1の特性変化を防止し、該照明装置を連続運転しても安定した照明が得られるようになっている。

【0152】

このように、複数のLED1を順次切り替えパルス発光させ、放射光を取込む導光ロッド部材23との相対位置関係をLED1の発光切り替えに併せて選択しながら変移させることによって、実効的に高輝度のLEDが得られ、多光量の平行度の向上した光が導光ロッド部材23から得られる。

【0153】

なお、この構成では、LED1と導光ロッド部材23の相対位置変移を、導光ロッド部材23を回転させることで行っているが、LED1を移動させることによっても実現し得る。しかしながら、LED1への給電の観点からみれば導光ロッド部材23を移動するほうが信頼性の面から好適である。この場合、例えば導光ロッド部材23の出射端面内の光強度分布は導光ロッド部材23の長さがある程度あればムラが小さくなっているため、この出射端面を均一度の高い仮想の矩形上面光源と見なせるため、被照射物である光変調素子12と導光ロッド部材23の出射端面とを共役関係にして照明するクリティカル照明を行っても良いが、本構成のように導光ロッド部材23が複数ある場合、各導光ロッド部材23の出射端面の周縁部が被照射物に投影されて照明されるため、照明ムラになってしまふ。実際には回転するため、照明領域は円形形状となり回転速度によっては見た目的には周縁部がわからないが、ある瞬間ににおいて、ロッド出射端面の周縁部が照明ムラとなっており、時々刻々照明ムラが領域内で変移することになってしまい、時分割で階調表現を行うような光変調素子12（表示デバイス）には適用できない。これに対し、本構成のように、導光ロッド部材23から射出される光束の角度強度分布を照明領域における位置強度分布に変換するケーラー照明の場合、導光ロッド部材23が変移しても、導光ロッド部材23から射出される光束の角度強度分布は変化しないため、照明領域における照明ムラが小さい照明装置が実現できる。

【0154】

図19は、本実施の形態に係る照明装置の変形例を示すである。

この変形例は、ロッドではなく、内面が反射鏡面加工された角状のライトパイプ34により発光体としてのLED1からの光を反射導光し、反射ミラー35に

よって光軸方向を変えて、光束形状変換ディフューザ16B上で複数のライトパイプ34からの光が並ぶように導光するようにしている。本変形例でも、給電の観点からLED1は固定設置で、導光部材であるライトパイプ34と反射ミラー35とが回動する。また、ケーラー照明であるため、光源とパイプ端面との相対位置が変移しても、照明領域が変移することはない。

【0155】

ライトパイプ34は、NA変換をするわけではなく導光しているだけであるため、点線で示したNAが大きな光は被照射物から外れた位置に到達してしまう。よって、本変形例は、比較的放射角が狭い拡散発光体に有効である。

【0156】

なお、本変形例においても、上記反射ミラー35と光束形状変換ディフューザ16Bの間に導光板を配し、該導光板によって導光された射出光の一部を光量モニタでモニタして、LED駆動回路29により、LED1の駆動電流をフィードバック制御するようにしても良い。

【0157】

以上実施の形態に基づいて本発明を説明したが、本発明は上述した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形や応用が可能なことは勿論である。

【0158】

例えば、発光体はLEDに限定されるものではなく、拡散放射特性を有する微小面光源であればどのようなものでも良い。

【0159】

【発明の効果】

以上詳述したように、本発明によれば、LEDのような微小面光源を用い、効率の良い且つ所望の平行性を有する均一照明を実現可能な照明装置及びその照明装置を使用した表示装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

(A) は本発明の第1の実施の形態に係る照明装置の構成を示す図、(B) は

本第2の実施の形態に係る照明装置の構成を示す図であり、(C)は第2の実施の形態に係る照明装置における光の保存則を説明するための図である。

【図2】

本発明の第3の実施の形態に係る照明装置の構成を示す図である。

【図3】

本発明の第4の実施の形態に係る照明装置の構成を示す図である。

【図4】

(A)は第4の実施の形態に係る照明装置における各テーパーロッドの出射端面から射出される光束の配光角特性を示す図であり、(B)は角度分布特性を示す図である。

【図5】

(A)及び(B)はそれぞれ本発明の第5の実施の形態に係る照明装置の構成を示す水平方向断面図及び垂直方向断面図であり、(C)は形成される光学瞳を説明するための図である。

【図6】

角型テーパーロッドの例を示す図である。

【図7】

図6に示した各角型テーパーロッドの諸元表を示す図である。

【図8】

(A)乃至(D)はそれぞれLEDチップの放射角特性をランバーシャン(完全拡散)とした場合の図6に示した各角型テーパーロッドの出射端面からの射出光の配光特性を示す図である。

【図9】

本発明の第6の実施の形態に係る照明装置の構成を示す図である。

【図10】

(A)及び(B)はそれぞれ角型のテーパーロッドの場合における角度ムラを説明するための図、(C)は本発明の第7の実施の形態に係る照明装置の構成を示す図であり、(D)は第7の実施の形態に係る照明装置における角度強度分布グラフを示す図である。

【図11】

拡散板の拡散角を説明するための図である。

【図12】

(A) は1次元ディフューザによる円形光束から橢円形状の光束への形状変換を説明するための図であり、(B) は光束形状変換ディフューザによる円形光束から矩形光束への形状変換を説明するための図である。

【図13】

(A) は図12の(B) の光束形状変換ディフューザを用いた照明装置の構成を示す斜視図、(B) 及び(C) はそれぞれ光束形状変換ディフューザの無しの場合及び有りの場合の照明領域を説明するための図であり、(D) は光束形状変換ディフューザによる光束の矩形状分離を説明するための図である。

【図14】

(A) は本発明の第8の実施の形態に係る照明装置を使用した画像投影装置の構成を示す図であり、(B) は本発明の第9の実施の形態に係る照明装置の構成を示す図である。

【図15】

(A) は第9の実施の形態に係る照明装置の変形例の構成を示す図であり、(B) は第9の実施の形態に係る照明装置の別の変形例を使用した画像投影装置の構成を示す図である。

【図16】

(A) 乃至(D) は本発明の第10の実施の形態に係る照明装置におけるテーパーロッドとLEDとの相対移動の各時点での発光するLEDを説明するための図で、テーパーロッドの入射端面から光を取り込む様子を時間的に (A) → (B) → (C) → (D) の順で示したものである。

【図17】

(A) は本発明の第11の実施の形態に係る照明装置の構成を示す図であり、(B) は出射される光束形状を説明するための図である。

【図18】

第11の実施の形態に係る照明装置の構成をより詳細に示す図である。

【図19】

第11の実施の形態に係る照明装置の変形例の構成を示す図である。

【図20】

(A) はLEDの放射角特性図、(B) はLED1のチップ構造を示す図であり、(C) は従来の照明装置の構成を示す図である。

【図21】

(A) は他の従来の照明装置の構成を示す図であり、(B) は別の従来の照明装置の構成を示す図である。

【図22】

更に別の従来の照明装置の構成を示す図である。

【図23】

(A) 及び(B) はそれぞれ光の保存則を説明するための図である。

【符号の説明】

1	LED
1 0	導光ロッド
1 1	照明レンズ
1 1'	レンズ系
1 1 A	偏心ミラー
1 1 B	プリズム
1 1 C	自由曲面プリズム
1 2	光変調素子
1 2 A	DMD (商標)
1 2 B	透過型LCD
1 2 C	反射型LCD
1 3	テーパーロッド
1 3 a, 1 3 b 1, 1 3 b 2, 1 3 c 1, 1 3 c 2, 1 3 p, 1 3 q 1, 1 3 q 2, 1 3 r 1, 1 3 r 2	テーパーロッド
1 3 A, 1 3 B, 1 3 C, 1 3 D	テーパーロッド
1 4	ミラーパイプ

1 5 瞳

1 6 拡散板

1 6 A 1次元ディフューザ

1 6 B 光束形状変換ディフューザ

1 7 照明領域

1 8 三角プリズム

1 9 P S コンバータ

2 0 P B S

2 1 投影レンズ

2 2 スクリーン

2 3 導光ロッド部材

2 3 a 出射端面

2 3 A 平行ロッド

2 3 B 反射プリズム

2 3 C テーパーロッド

2 4 ロッドホルダ

2 5 モータ

2 6 L E D 基板

2 7 導光板

2 8 光量モニタ

2 9 L E D 駆動回路

3 0 回転センサ

3 1 発光タイミング制御回路

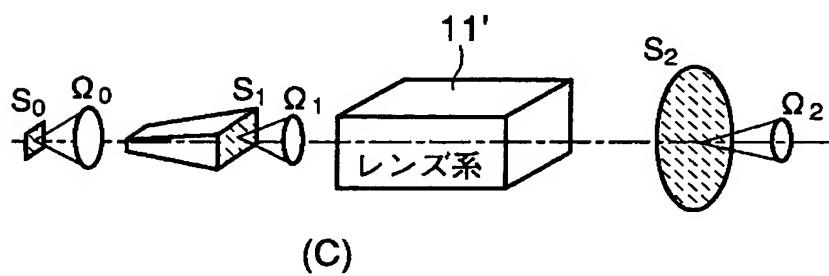
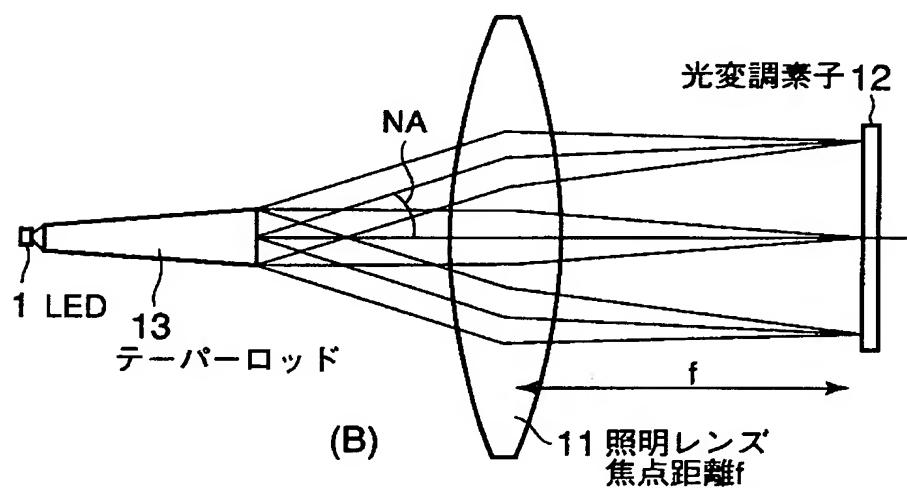
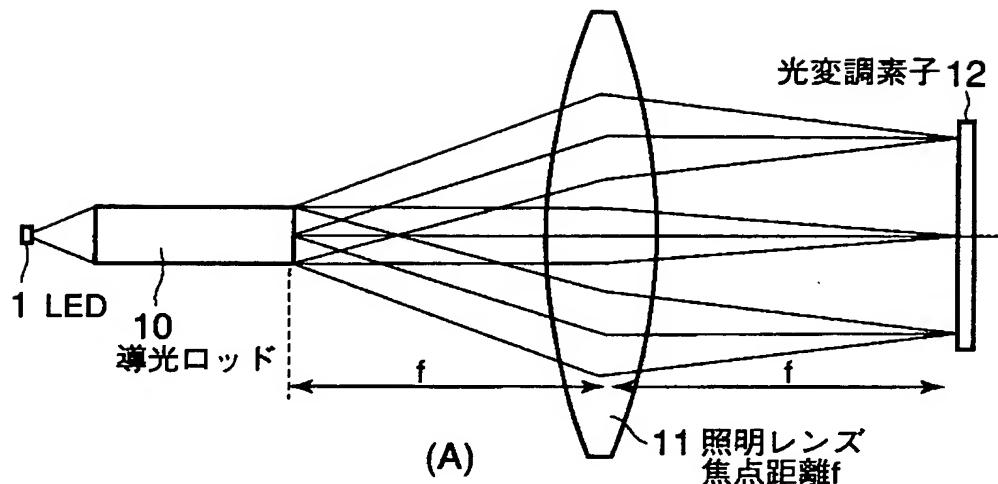
3 2 モータ駆動回路

3 3 放熱板

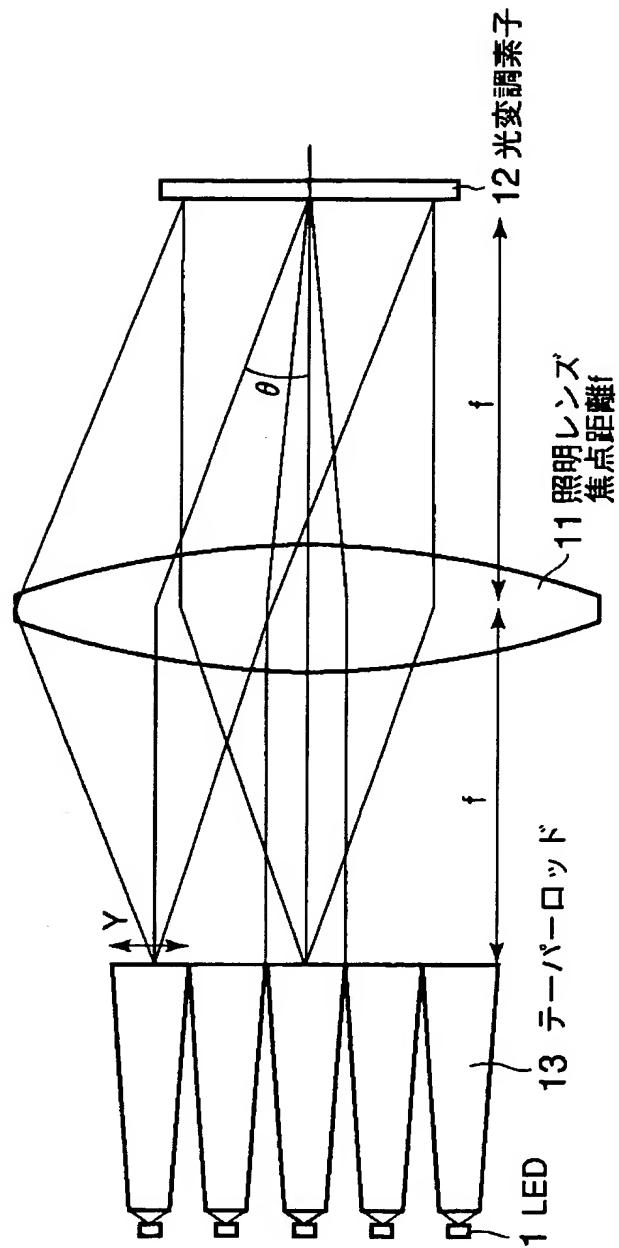
3 4 ライトパイプ

3 5 反射ミラー

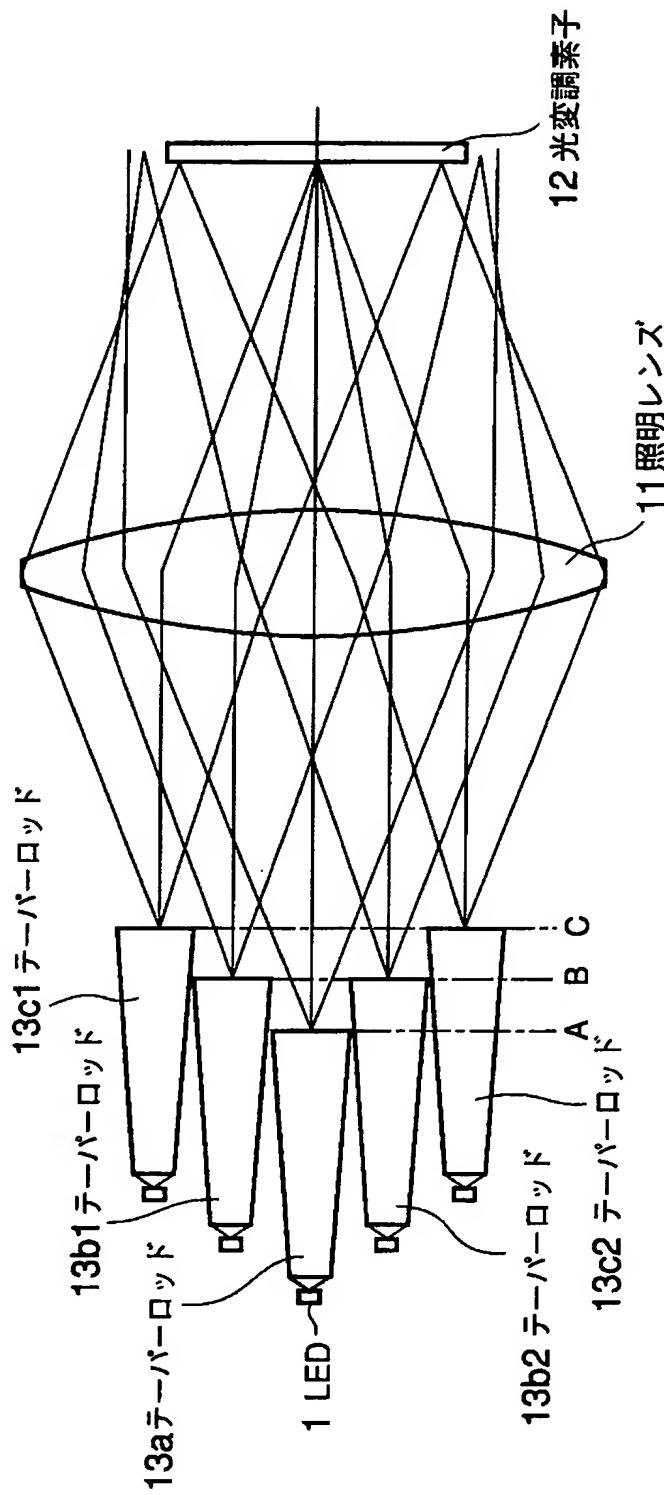
【書類名】 図面
【図1】



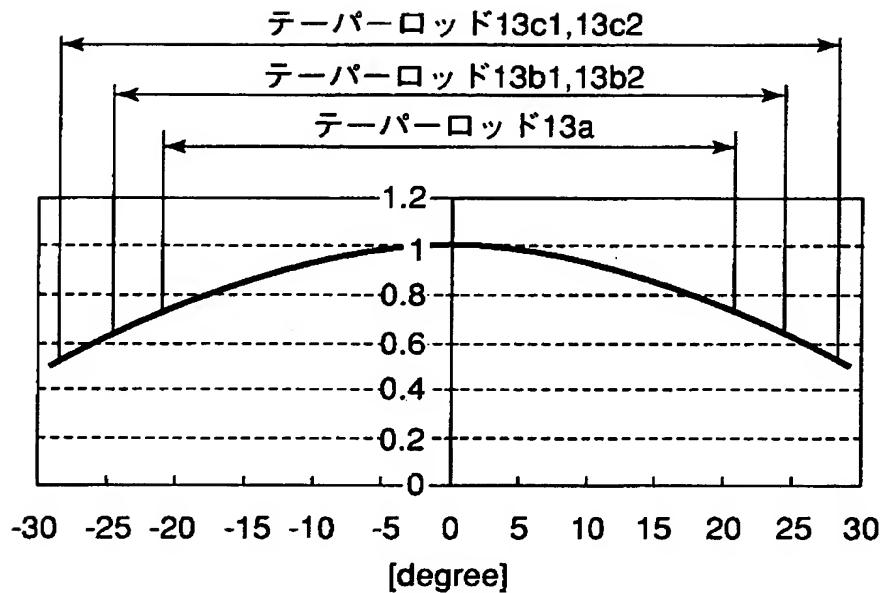
【図2】



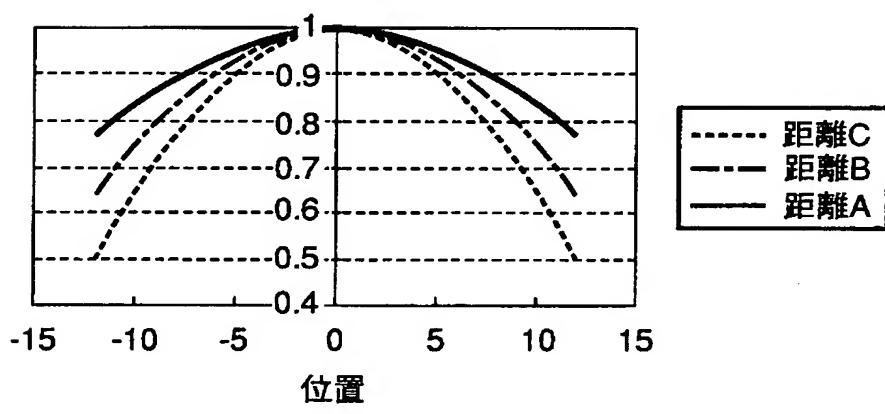
【図3】



【図4】

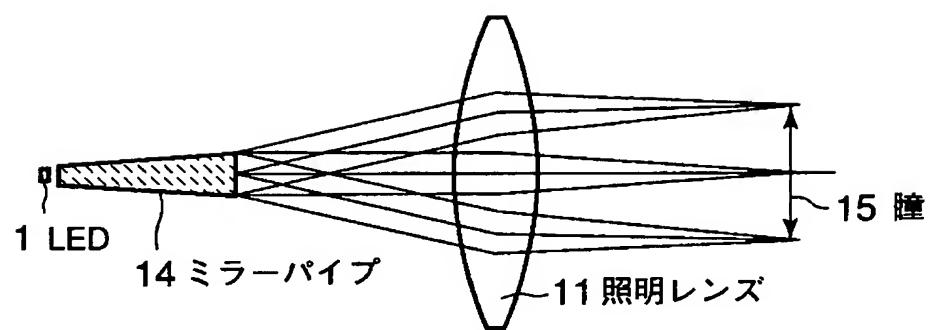


(A)

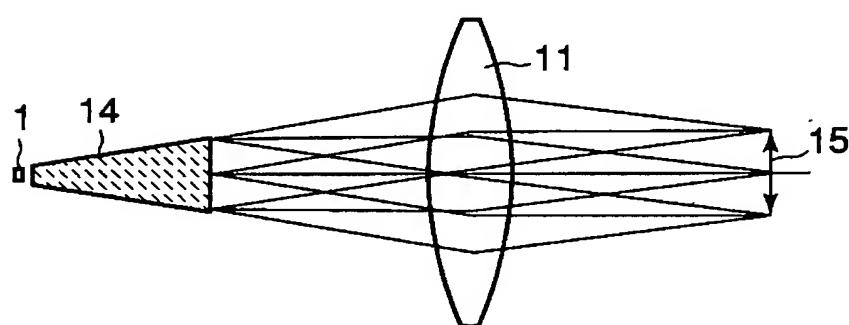


(B)

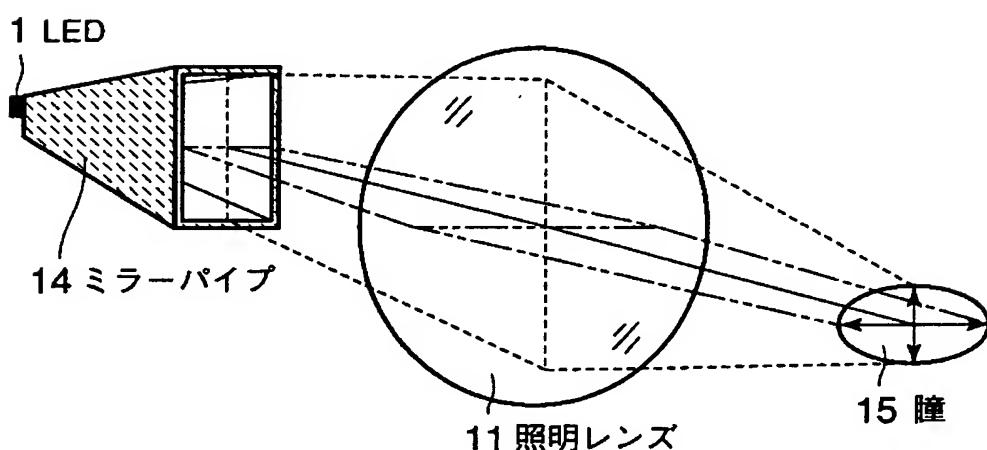
【図5】



(A)

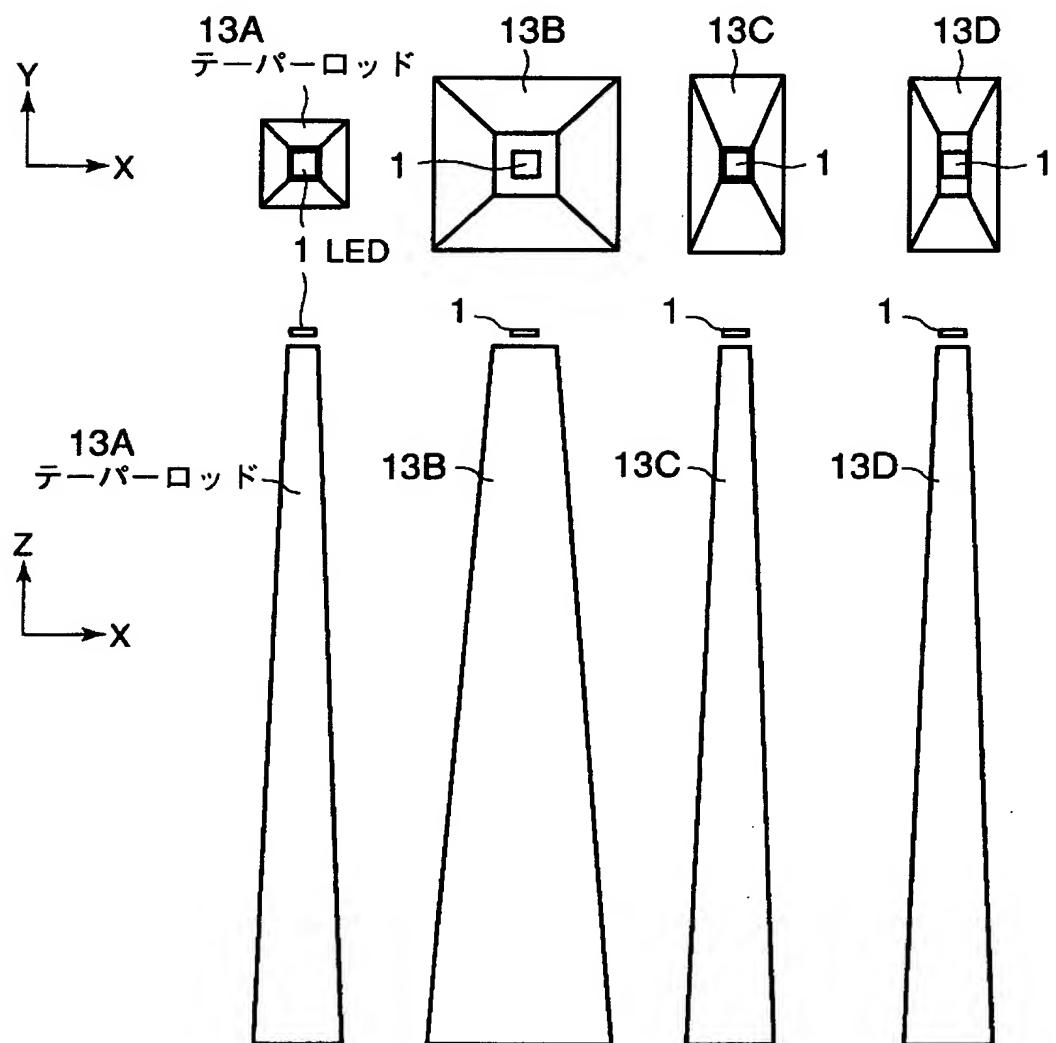


(B)



(C)

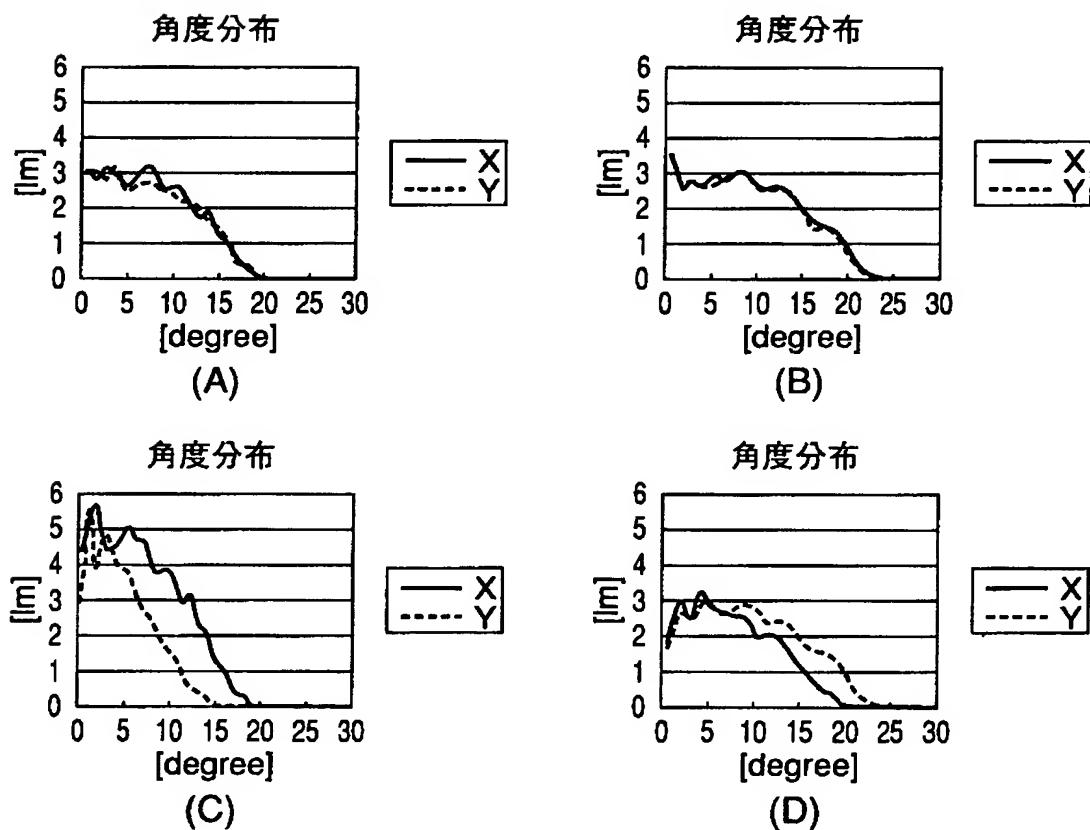
【図6】



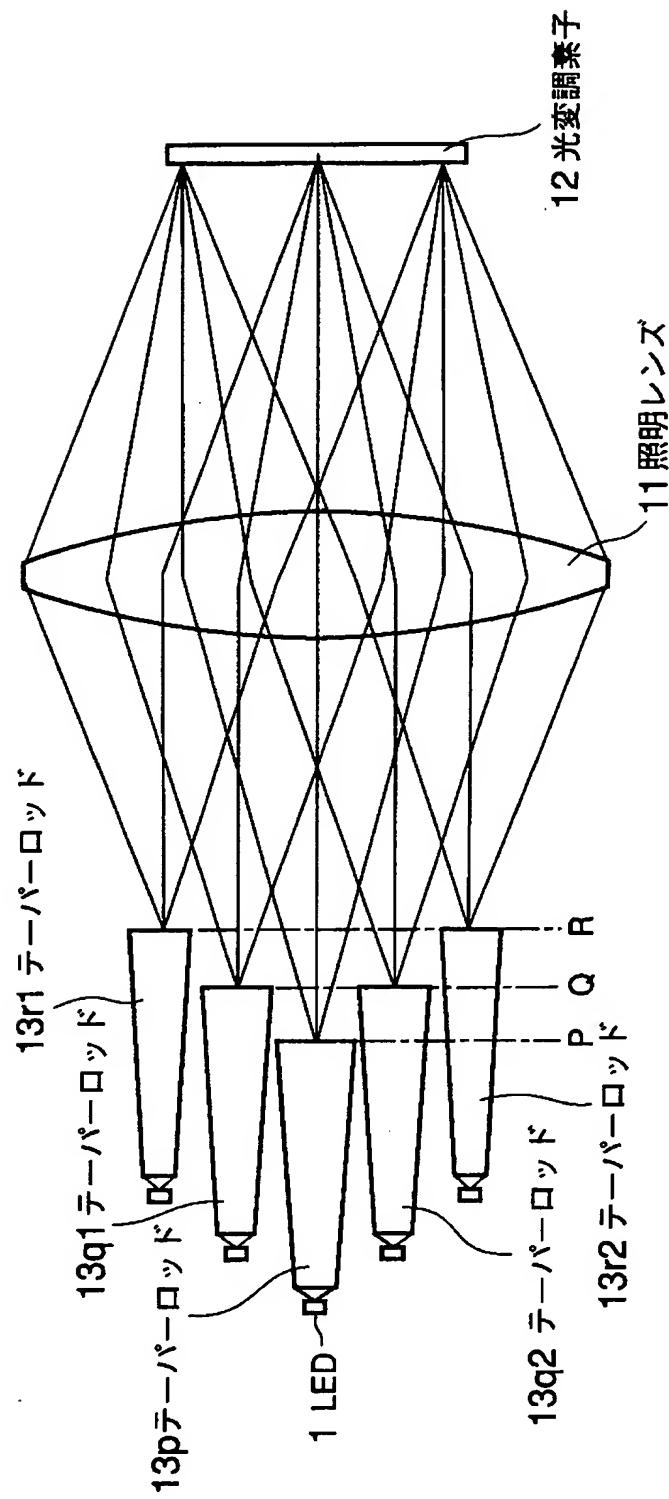
【図7】

テーパーロッド	13A	13B	13C	13D
入口サイズ(X方向×Y方向)	1.5×1.5	3.0×3.0	1.5×1.5	1.5×3.0
出口サイズ(X方向×Y方向)	4.2×4.2	8.4×8.4	4.2×8.4	4.2×8.4
長さ	35	35	35	35
チップサイズ	1×1	1×1	1×1	1×1
ギャップ	0.5	0.5	0.5	0.5

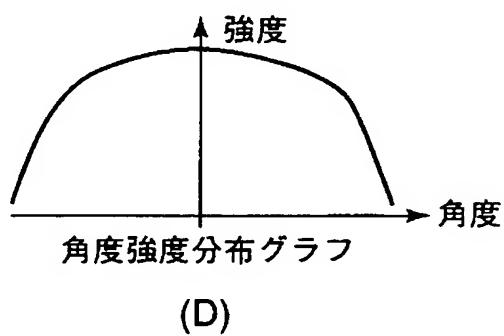
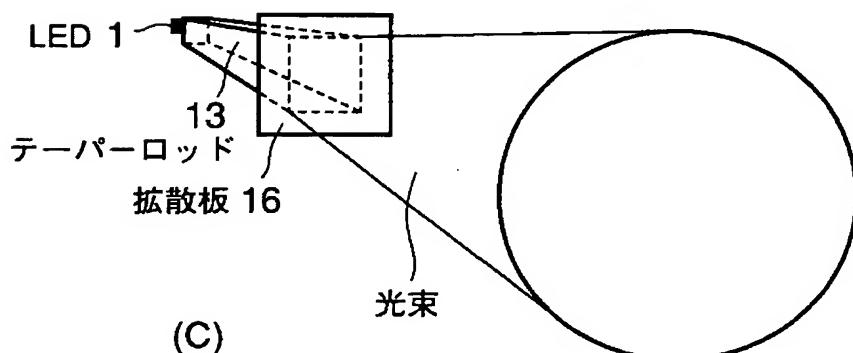
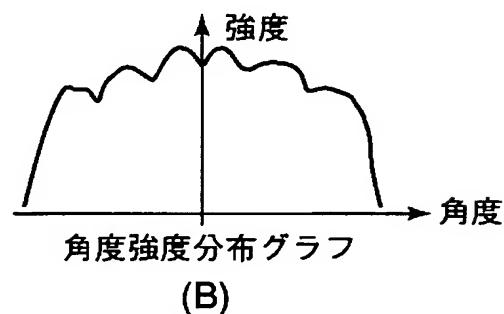
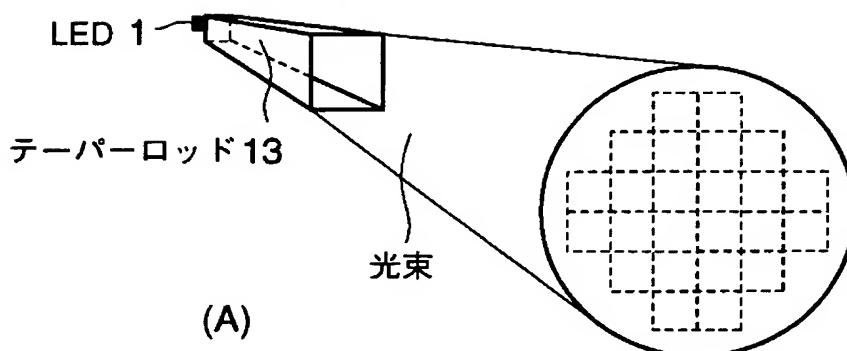
【図8】



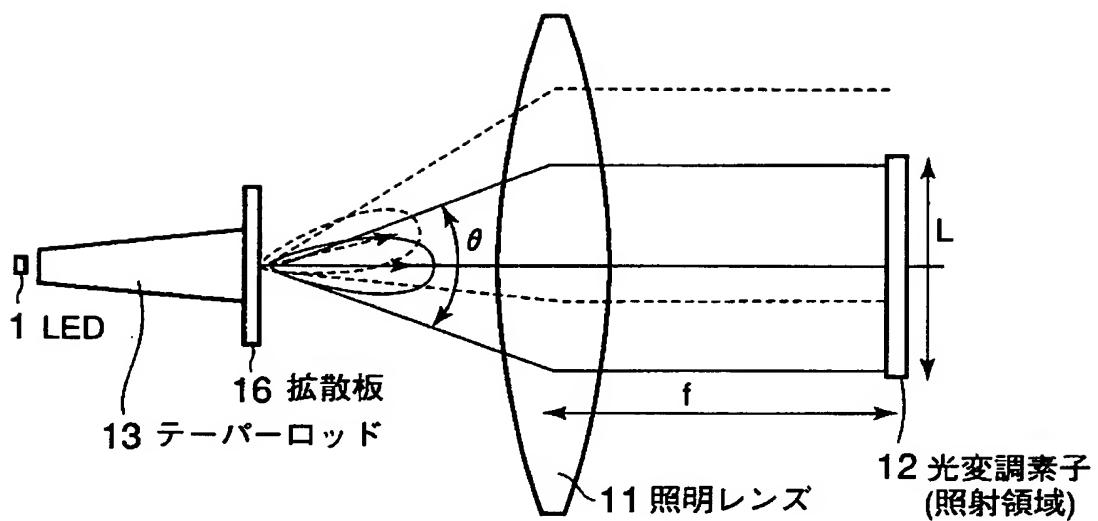
【図9】



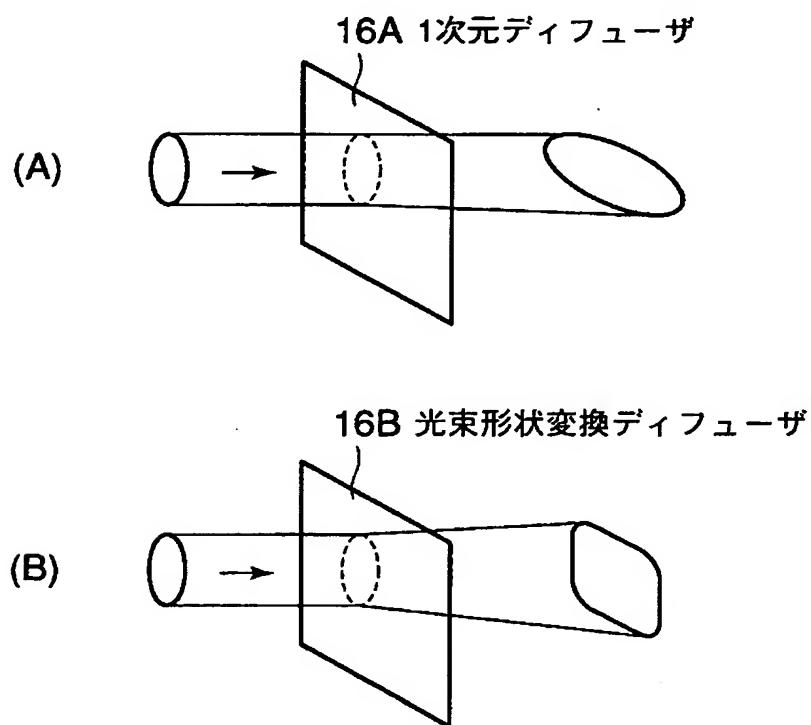
【図10】



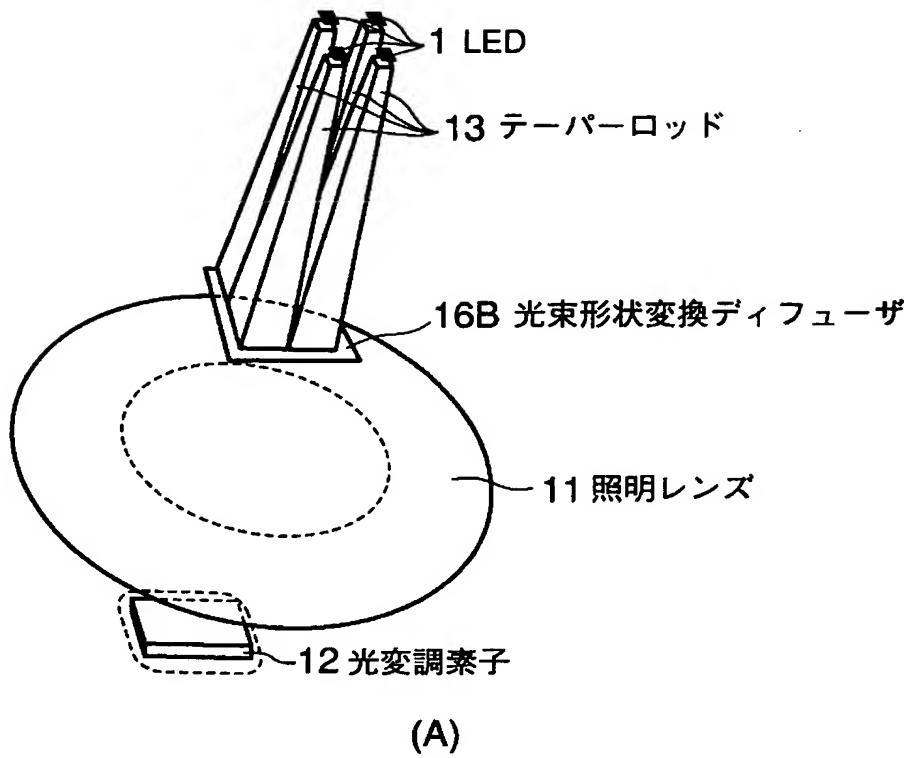
【図11】



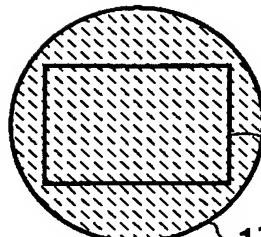
【図12】



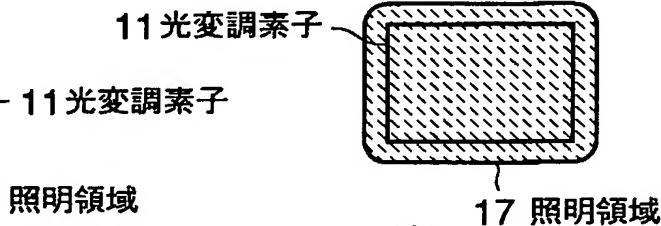
【図13】



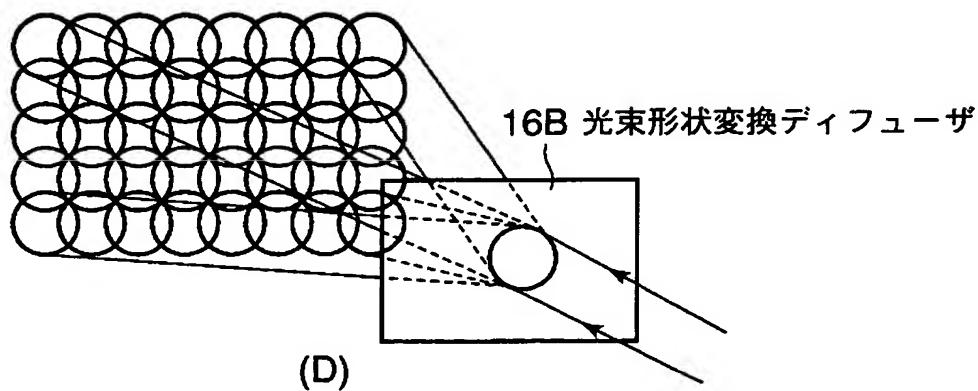
(A)



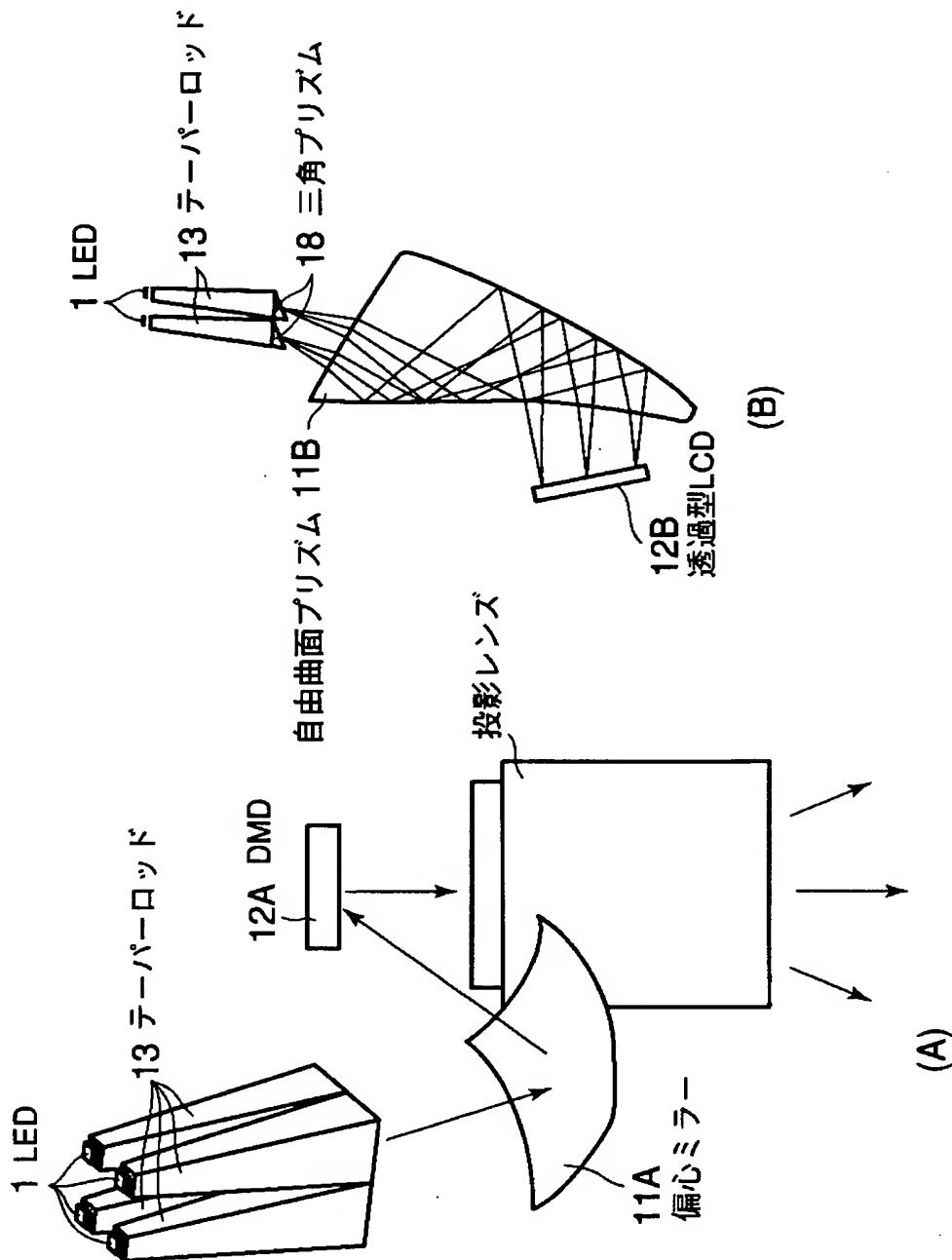
(B)



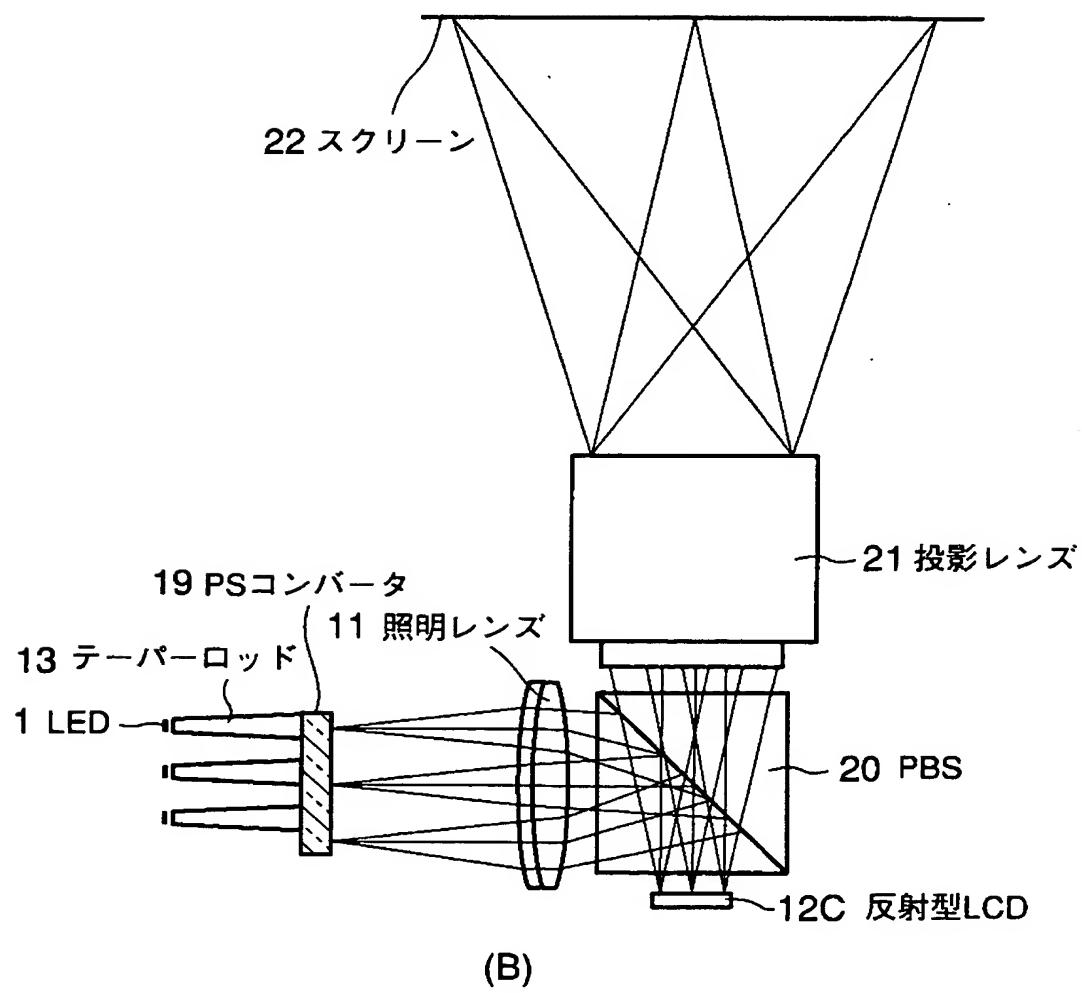
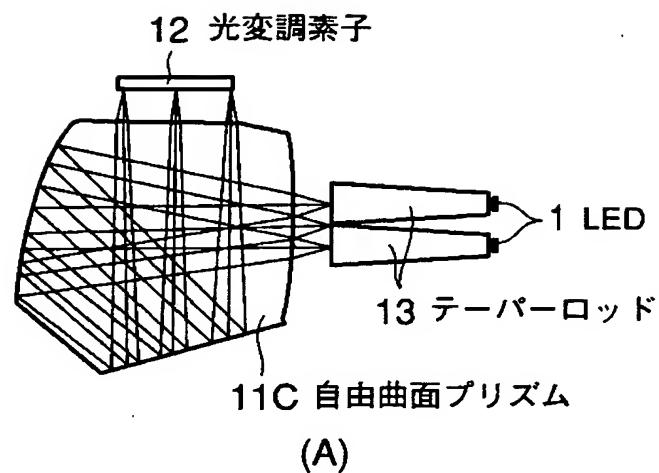
(C)



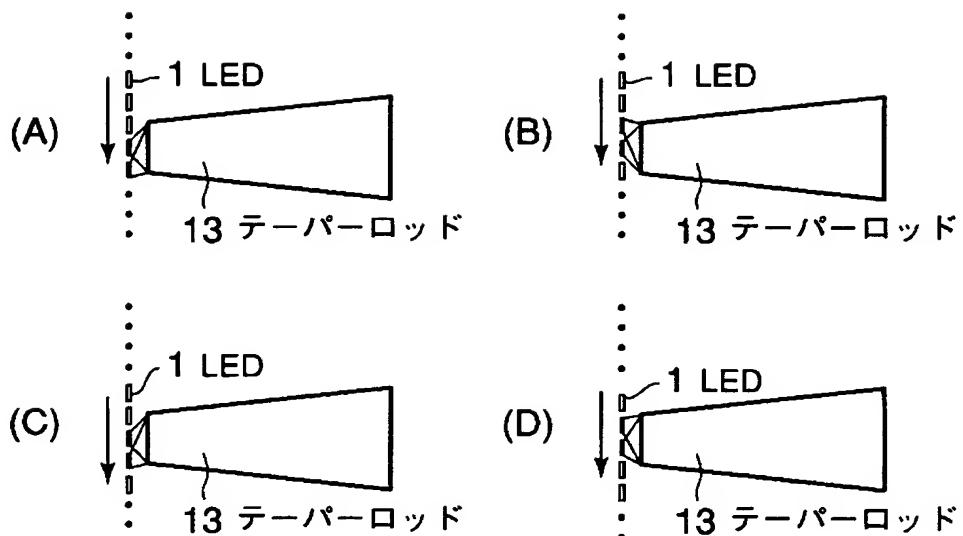
【図14】



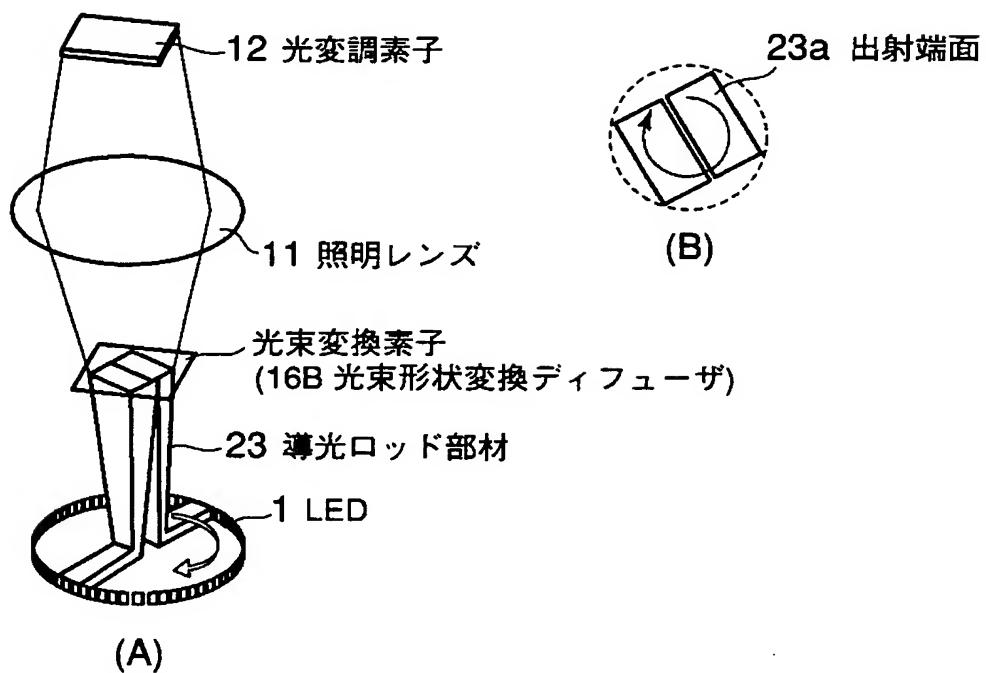
【図15】



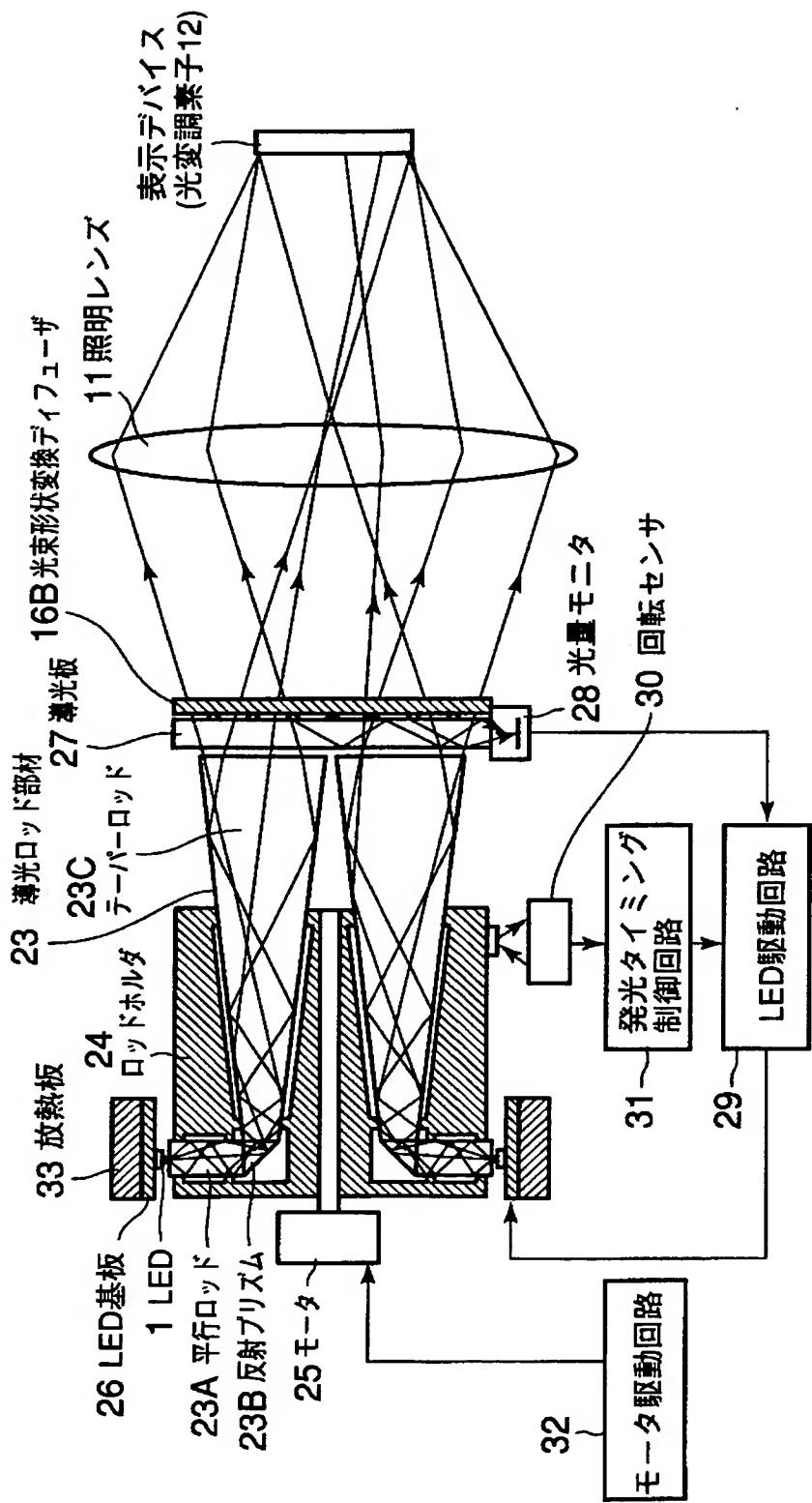
【図16】



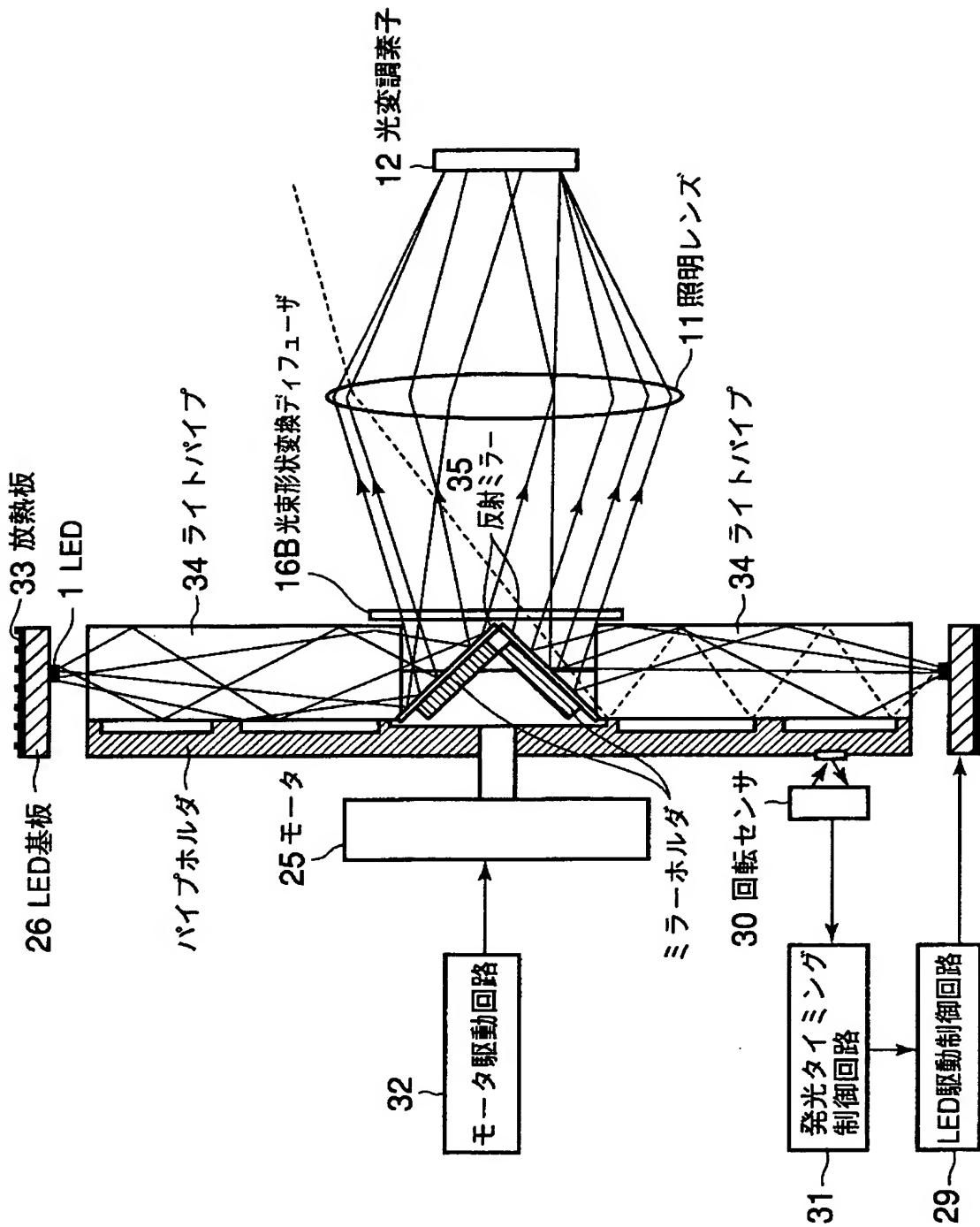
【図17】



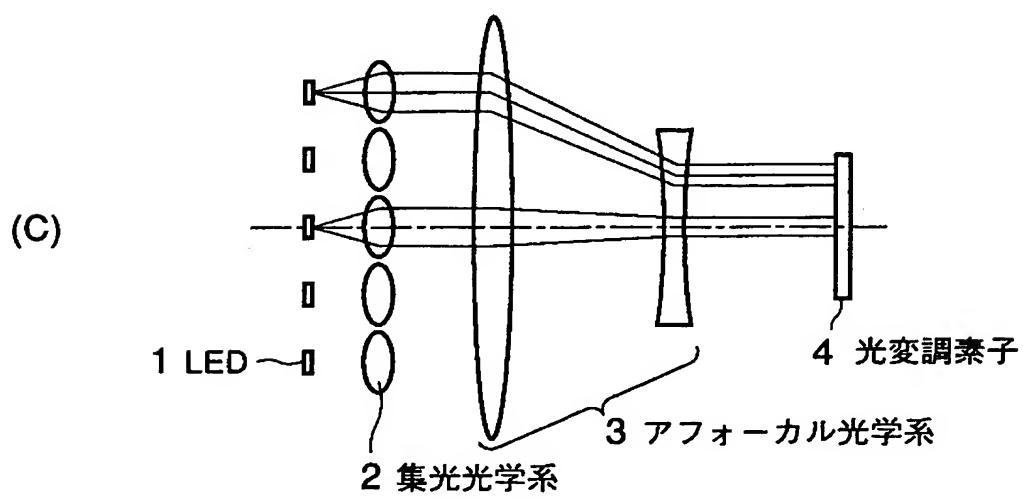
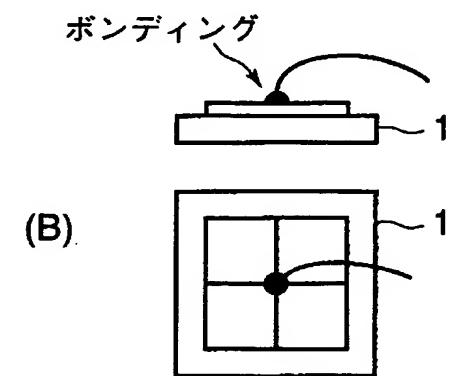
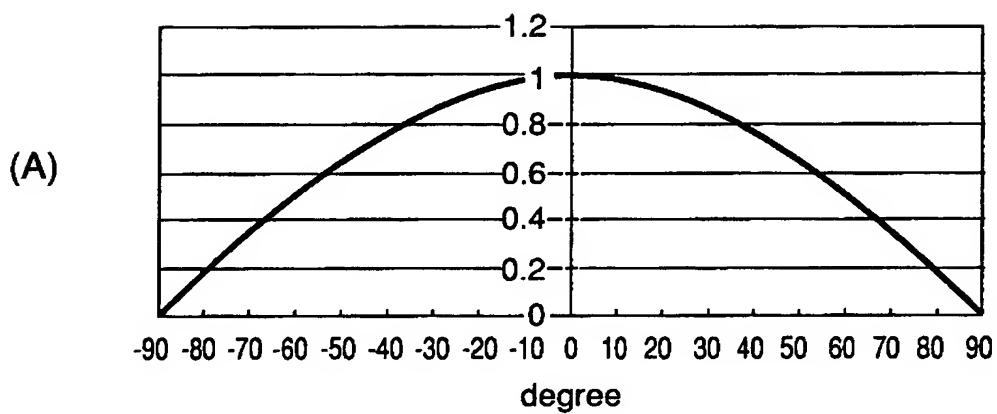
【図18】



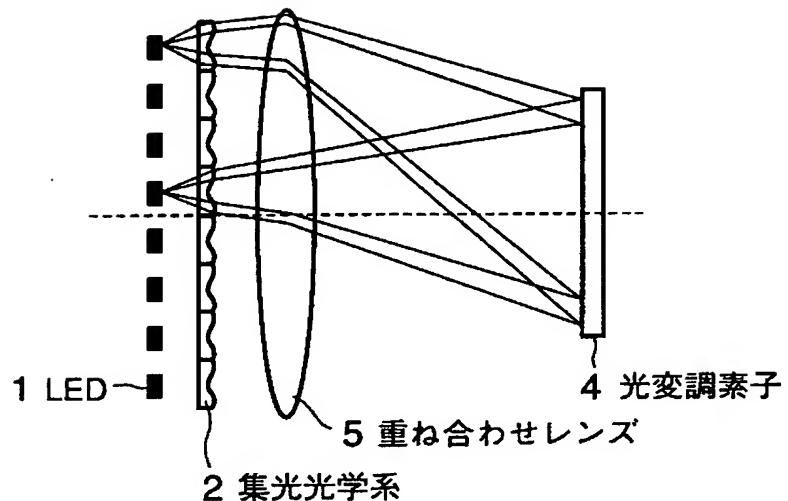
【図19】



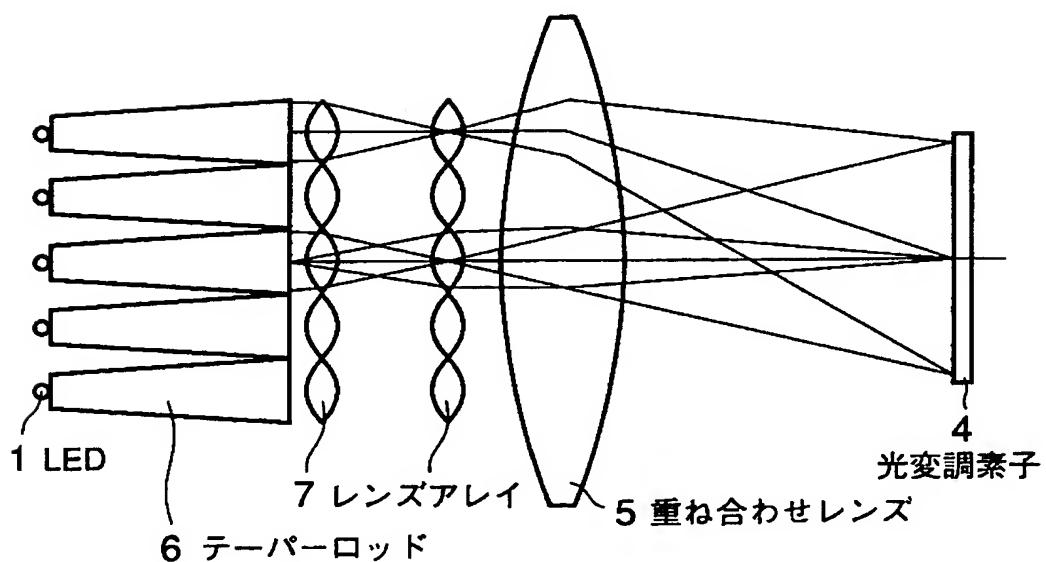
【図20】



【図21】

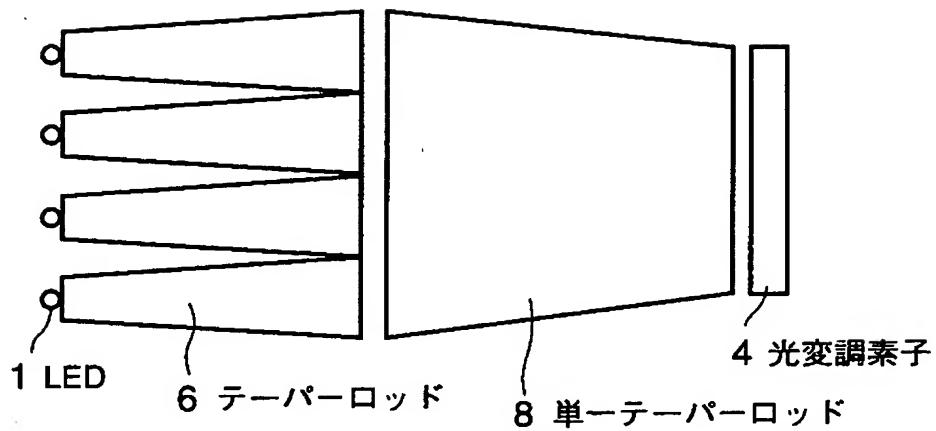


(A)

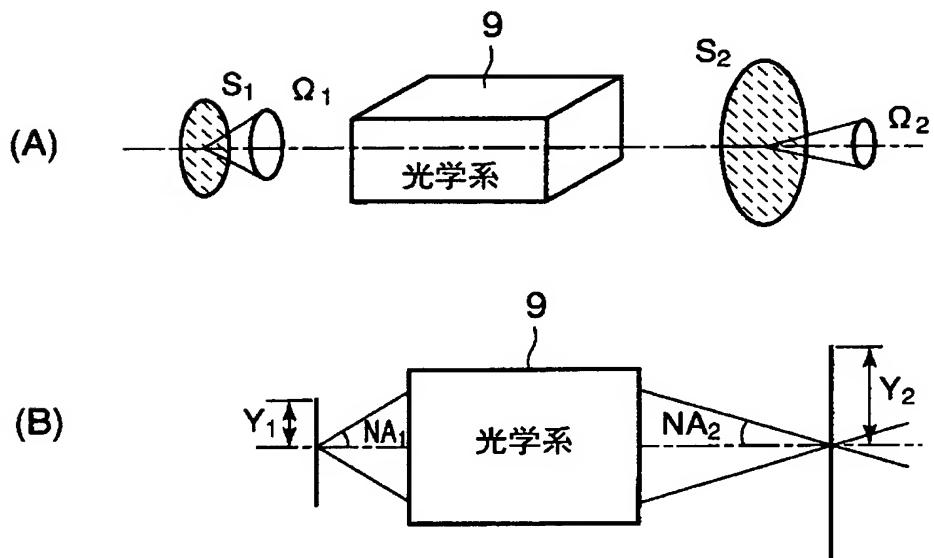


(B)

【図22】



【図23】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 LEDのような微小面光源を用い、効率の良い且つ所望の平行性を有する均一照明を実現すること。

【解決手段】 拡散放射特性を有する微小面光源であるLED1と、入射端面と出射端面及び反射面を有し、上記入射端面から取り込んだ上記LED1からの光の一部または全部を、上記反射面で反射することにより上記出射端面に導光する柱状導光手段としての導光ロッド10やテーパーロッド13と、上記導光ロッド10やテーパーロッド13の上記出射端面からの射出光の配光角度強度を所定の照射領域内の位置強度に変換する角度位置変換手段としての照明レンズ11とから照明装置を構成する。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000000376]

1. 変更年月日 1990年 8月20日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

氏 名 オリンパス光学工業株式会社